

出証番号 出証特2000-3099667

【書類名】 特許願

【整理番号】 88-6474

【提出日】 平成12年 2月16日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 11/24

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フイルム株式会社内

【氏名】 小野 修司

【特許出願人】

【識別番号】 000005201

【氏名又は名称】 富士写真フイルム株式会社

【代理人】

【識別番号】 100104156

【弁理士】

【氏名又は名称】 龍華 明裕

【電話番号】 (03)5366-7377

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 053394

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 画像撮像装置及び距離測定方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被写体の奥行きに関する情報を取得する画像撮像装置であって、

第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、前記第 1 の波長とは異なる第 2 及び第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から前記被写体に照射する照射部と、

前記照射部により前記第 1 及び第 2 の照射光が照射された前記被写体からの出射光に基づいて、前記被写体までの奥行き距離を算出する奥行き算出部とを備えたことを特徴とする画像撮像装置。

【請求項 2】 前記照射部は、前記第 1 及び第 2 の照射光を同時に照射することを特徴とする請求項 1 に記載の画像撮像装置。

【請求項 3】 前記照射部により前記第 1 及び第 2 の照射光が照射された前記被写体から得られる出射光を結像する光学結像部と、

前記被写体から得られる前記出射光から、前記第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、前記第 2 の波長を有する第 2 の出射光と、前記第 3 の波長を有する第 3 の出射光とを光学的に分離する分光部と、

前記分光部によって分離され、前記光学結像部が結像する前記第 1、第 2 及び第 3 の出射光を受光する受光部と、

前記受光部が受光する前記第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を検出する光強度検出部とをさらに備え、

前記奥行き算出部は、前記第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を用いて、前記被写体までの奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 2 に記載の画像撮像装置。

【請求項 4】 前記受光部は、3 板の固体撮像素子を有し、前記分光部は、光路分割手段を用いて前記第 1、第 2 及び第 3 の出射光を分離し、それぞれを前記 3 板の固体撮像素子のいずれか 1 つに受光させることを特徴とする請求項 3 に記載の画像撮像装置。

【請求項 5】 前記受光部は、固体撮像素子を有し、前記分光部は、前記第 1 の波長の光を透過する第 1 の光学フィルターと、前記第 2 の波長の光を透過する第 2 の光学フィルターと、前記第 3 の波長の光を透過する第 3 の光学フィルターとを有し、前記第 1、第 2 及び第 3 の光学フィルターが前記固体撮像素子の受光面に交互に配置されたことを特徴とする請求項 3 に記載の画像撮像装置。

【請求項 6】 前記照射部は、所定の第 1 の境界波長より短い波長領域の光を透過する第 1 の光学フィルターと、所定の第 2 の境界波長より長い波長領域の光を透過する第 2 の光学フィルターを有し、第 1 の光学フィルターを透過する第 1 の照射光と、第 2 の光学フィルターを透過する第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から前記被写体に照射し、

前記分光部は、前記第 1 及び第 2 の境界波長の短い方よりも短い第 1 の波長の光を透過する第 1 の光学フィルターと、前記第 1 及び第 2 の境界波長の長い方よりも長い第 2 及び第 3 の波長の光をそれぞれ透過する第 2 及び第 3 の光学フィルターとを有し、前記被写体から得られる前記出射光を前記第 1 の光学フィルターに透過させることにより、前記第 1 の波長を有する前記第 1 の出射光を分離し、前記出射光をそれぞれ前記第 2 及び第 3 の光学フィルターに透過させることにより、前記第 2 の波長を有する前記第 2 の出射光及び前記第 3 の波長を有する前記第 3 の出射光を分離することを特徴とする請求項 3 に記載の画像撮像装置。

【請求項 7】 前記奥行き算出部は、前記第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づく値と、前記第 1 の出射光の強度とを用いて、前記被写体までの前記奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 3 に記載の画像撮像装置。

【請求項 8】 前記奥行き算出部は、前記第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づいて、前記第 1 の波長を有する光を前記第 2 の照射光の放射位置から照射したと仮定した場合の前記被写体からの仮の出射光の強度を求め、前記第 1 の出射光の強度と前記仮の出射光の強度とを用いて、前記被写体までの前記奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 7 に記載の画像撮像装置。

【請求項 9】 前記奥行き算出部は、前記第 2 の出射光と前記第 3 の出射光の平均強度と、前記第 1 の出射光の強度とを用いて、前記被写体までの前記奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 7 に記載の画像撮像装置。

【請求項 1 0】 前記照射部は、第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、前記第 1 の波長より短い第 2 の波長、及び前記第 1 の波長より長い第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から前記被写体に照射し、

前記照射部により前記第 1 及び第 2 の照射光が照射された前記被写体からの出射光を結像する光学結像部と、

前記被写体から得られる前記出射光から、前記第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、前記第 2 及び第 3 の波長を有する第 2 の出射光とを光学的に分離する分光部と、

前記分光部によって分離され、前記光学結像部が結像する前記第 1 の出射光及び前記第 2 の出射光を受光する受光部と、

前記受光部が受光する前記第 1 及び第 2 の出射光の強度を検出する光強度検出部とをさらに備え、

前記奥行き算出部は、前記第 1 及び第 2 の出射光の強度を用いて、前記被写体までの奥行き距離を算出する

ことを特徴とする請求項 2 に記載の画像撮像装置。

【請求項 1 1】 前記受光部は、2 板の固体撮像素子を有し、前記分光部は、光路分割手段を用いて、前記第 1 の出射光と前記第 2 の出射光の光路を光学的に分岐させ、それぞれ前記 2 板の固体撮像素子のいずれか 1 つに受光させることを特徴とする請求項 1 0 に記載の画像撮像装置。

【請求項 1 2】 前記受光部は、固体撮像素子を有し、前記分光部は、前記第 1 の波長の光を透過する第 1 の光学フィルターと、前記第 2 及び第 3 の波長の光を透過する第 2 の光学フィルターとを有し、前記第 1 の光学フィルターと前記第 2 の光学フィルターとが前記固体撮像素子の受光面に交互に配置されたことを特徴とする請求項 1 0 に記載の画像撮像装置。

【請求項 1 3】 前記奥行き算出部は、前記第 1 の出射光の強度と前記第 2 の出射光の強度の半分の値との比に基づいて、前記被写体までの前記奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 1 0 に記載の画像撮像装置。

【請求項 1 4】 前記照射部が前記被写体に前記第 1 及び第 2 の照射光を照

射するときの光軸と、前記結像部が前記被写体からの前記出射光を撮像するときの光軸とが略同一であることを特徴とする請求項 4、5、6、11、または 12 に記載の画像撮像装置。

【請求項 15】 前記光強度検出部は、前記受光部に撮像された前記被写体の画像の各画素において前記第 1 及び第 2 の出射光の強度を検出し、前記奥行き算出部は、前記画素の各々に対応する前記被写体の領域までの前記奥行きを各々求めることにより、前記被写体の奥行き分布を算出することを特徴とする請求項 14 に記載の画像撮像装置。

【請求項 16】 前記第 1 及び第 2 の照射光は赤外線領域の光であり、前記分光部は、前記被写体から得られる前記出射光から可視光を光学的に分離する手段をさらに備え、

前記受光部は、前記分光部により光学的に分離され、前記光学結像部が結像する前記可視光を受光する可視光用の固体撮像素子をさらに備え、

前記奥行き算出部が算出する前記被写体の前記奥行き分布とともに前記可視光用の固体撮像素子に撮像された前記被写体の画像を記録する記録部をさらに備えた

ことを特徴とする請求項 15 に記載の画像撮像装置。

【請求項 17】 前記光強度検出部が検出する前記被写体からの前記出射光の強度、及び前記奥行き算出部が算出する前記被写体までの前記奥行き距離の少なくとも 1 つに基づいて、前記照射部が照射する前記第 1 及び第 2 の照射光の発光時間、強度、放射位置、及び前記受光部の露光時間の少なくとも 1 つを制御する制御部をさらに備えたことを特徴とする請求項 4、5、6、11、または 12 に記載の画像撮像装置。

【請求項 18】 被写体の奥行きに関する情報を取得する距離測定方法であって、

第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、前記第 1 の波長とは異なる第 2 及び第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から同時に前記被写体に照射する照射段階と、

前記第 1 及び第 2 の照射光が照射された前記被写体から得られる出射光から、

前記第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、前記第 2 の波長を有する第 2 の出射光と、前記第 3 の波長を有する第 3 の出射光とを光学的に分離する分光段階と、
分離された前記第 1、第 2 及び第 3 の出射光を撮像する撮像段階と、
撮像された前記第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を検出する光強度検出段階と、

前記第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を用いて、前記被写体までの奥行き距離を算出する奥行き算出段階と
を備えたことを特徴とする距離測定方法。

【請求項 19】 前記奥行き算出段階は、前記第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づく値と、前記第 1 の出射光の強度とを用いて、前記被写体までの前記奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 18 に記載の距離測定方法。

【請求項 20】 前記奥行き算出段階は、前記第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づいて、前記第 1 の波長を有する光を前記第 2 の照射光の放射位置から照射したと仮定した場合の前記被写体からの仮の出射光の強度を求め、前記第 1 の出射光の強度と前記仮の出射光の強度の比に基づいて、前記被写体までの前記奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 19 に記載の距離測定方法。

【請求項 21】 前記奥行き算出段階は、前記第 2 の出射光と前記第 3 の出射光の平均強度と、前記第 1 の出射光の強度との比に基づいて、前記被写体までの前記奥行き距離を算出することを特徴とする請求項 19 に記載の画像撮像装置。

【請求項 22】 被写体の奥行きに関する情報を取得する距離測定方法であって、

第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、前記第 1 の波長より短い第 2 の波長、及び前記第 1 の波長より長い第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から同時に前記被写体に照射する照射段階と、

前記第 1 及び第 2 の照射光が照射された前記被写体から得られる出射光から、前記第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、前記第 2 及び第 3 の波長を有する第 2 の出射光とを光学的に分離する分光段階と、

分離された前記第 1 の出射光及び前記第 2 の出射光を撮像する撮像段階と、
受光された前記第 1 の出射光及び前記第 2 の出射光の強度をそれぞれ検出する
光強度検出段階と、

前記第 1 の出射光の強度と前記第 2 の出射光の強度を用いて、前記被写体まで
の奥行き距離を算出する奥行き算出段階と
を備えたことを特徴とする距離測定方法。

【請求項 2 3】 前記奥行き算出段階は、前記第 1 の出射光の強度と前記第
2 の出射光の強度の半分の値との比に基づいて、前記被写体までの前記奥行き距
離を算出することを特徴とする請求項 2 2 に記載の距離測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、被写体の奥行き距離に関する情報を取得する画像撮像装置及び距離
測定方法に関する。特に本発明は、光が照射された被写体から得られる出射光を
撮影して被写体の奥行きに関する情報を取得する画像撮像装置及び距離測定方法
に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

物体までの距離情報や物体の位置情報を得るために、物体にスリットや縞模様
などのパターン光を投影し、物体に投影されたパターンを撮影して解析する三次
元画像計測の手法が知られている。代表的な計測手法として、スリット光投影法
（別名、光切断法）、コード化パターン光投影法などがあり、井口征士、佐藤宏
介著『三次元画像計測』（昭晃堂）に詳しい。

【0 0 0 3】

特開昭 6 1 - 1 5 5 9 0 9 号公報（公開日昭和 6 1 年 7 月 1 5 日）及び特開昭
6 3 - 2 3 3 3 1 2 号公報（公開日昭和 6 3 年 9 月 2 9 日）には、異なる光源位
置から被写体に光を照射し、被写体からの反射光の強度比に基づいて、被写体ま
での距離を測定する距離測定装置及び距離測定方法が開示されている。

【0 0 0 4】

特開昭 6 2 - 4 6 2 0 7 号公報（公開日昭和 6 2 年 2 月 2 8 日）には、位相の異なる 2 つの光を被写体に照射し、被写体からの反射光の位相差に基づいて、被写体までの距離を測定する距離検出装置が開示されている。

【 0 0 0 5 】

また、河北他「三次元撮像装置 Axi-Vision Camera の開発」（3 次元画像コンファレンス 9 9、1999 年）には、投影光に超高速の強度変調を加え、強度変調光で照明された被写体を高速シャッター機能を備えたカメラで撮影し、被写体までの距離によって変化する強度変調度合いから、距離を測定する方法が開示されている。

【 0 0 0 6 】

【発明が解決しようとする課題】

従来の光投影法による計測手法は、3 角測量の原理に基づいて、投影パターンが投影された被写体の領域までの距離を測定する。したがって、距離測定の高い分解能を得るためには、原理的に投影光学系と撮影光学系を十分に離して配置する必要があり、測定装置の大型化が避けられないという問題が生じていた。また、投影光学系と撮影光学系の光軸が離れているために、撮影光学系から見た場合に、投影されたパターンが被写体の陰に隠れて観察されない場所ができ、距離情報が得られない「死角」となるという問題も生じていた。

【 0 0 0 7 】

特開昭 6 1 - 1 5 5 9 0 9 号公報及び特開昭 6 3 - 2 3 3 3 1 2 号公報に開示された距離測定装置及び距離測定方法では、放射位置を異ならせて光を順次照射し、それぞれの反射光を測定する必要があるため、測定に時間差が生じる。そのため、動きのある被写体の場合、距離を測定することができないという問題が生じる。また光源の位置を変えて照射する間に、撮影装置のぶれにより、測定誤差が生じる可能性がある。

【 0 0 0 8 】

また、波長特性の異なる光の場合、同時に照射し、反射光を照射光の波長特性に合わせたフィルターを用いて、分光し、反射光強度を測定することができる。しかし、物体の分光反射率が異なる場合、照射光の波長の違いから反射光強度に

違いが生じるため、反射光強度の比から奥行き距離を計算する際の誤差要因となり、正確な奥行き距離が計算できないという問題が生じていた。

【 0 0 0 9 】

特開昭 6 2 - 4 6 2 0 7 号公報に開示された距離検出装置では、位相差を検出するための精度の高い位相検出器が必要となり、装置が高価になり、簡便性に欠ける。また、被写体の点からの反射光の位相を測定するため、被写体全体の奥行き分布を測定することはできない。

【 0 0 1 0 】

また、河北他「三次元撮像装置Axi-Vision Cameraの開発」（3次元画像コンファレンス 9 9、1999年）に開示された強度変調を用いた距離測定手法は、非常に高速に光変調や光シャッター操作を行う必要があり、測定装置は大型で高価になり、簡便に測定することができないという問題がある。

【 0 0 1 1 】

そこで本発明は、上記の課題を解決することのできる画像撮像装置及び距離測定装置を提供することを目的とする。この目的は特許請求の範囲における独立項に記載の特徴の組み合わせにより達成される。また従属項は本発明の更なる有利な具体例を規定する。

【 0 0 1 2 】

【課題を解決するための手段】

上記課題を解決するために、本発明の第 1 の形態においては、被写体の奥行きに関する情報を取得する画像撮像装置であって、第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、第 1 の波長とは異なる第 2 及び第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から被写体に照射する照射部と、照射部により第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体からの出射光に基づいて、被写体までの奥行き距離を算出する奥行き算出部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

照射部は、第 1 及び第 2 の照射光を同時に照射してもよい。照射部により第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体から得られる出射光を結像する光学結像部

と、被写体から得られる出射光から、第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、第 2 の波長を有する第 2 の出射光と、第 3 の波長を有する第 3 の出射光とを光学的に分離する分光部と、分光部によって分離され、光学結像部が結像する第 1、第 2 及び第 3 の出射光を受光する受光部と、受光部が受光する第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を検出する光強度検出部とをさらに備え、奥行き算出部は、第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を用いて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。

【 0 0 1 4 】

受光部は、3 板の固体撮像素子を有し、分光部は、光路分割手段を用いて第 1、第 2 及び第 3 の出射光を分離し、それぞれを 3 板の固体撮像素子のいずれか 1 つに受光させてもよい。受光部は、固体撮像素子を有し、分光部は、第 1 の波長の光を透過する第 1 の光学フィルターと、第 2 の波長の光を透過する第 2 の光学フィルターと、第 3 の波長の光を透過する第 3 の光学フィルターとを有し、第 1、第 2 及び第 3 の光学フィルターが固体撮像素子の受光面に交互に配置させてもよい。

【 0 0 1 5 】

照射部は、所定の第 1 の境界波長より短い波長領域の光を透過する第 1 の光学フィルターと、所定の第 2 の境界波長より長い波長領域の光を透過する第 2 の光学フィルターを有し、第 1 の光学フィルターを透過する第 1 の照射光と、第 2 の光学フィルターを透過する第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から被写体に照射し、分光部は、第 1 及び第 2 の境界波長の短い方よりも短い第 1 の波長の光を透過する第 1 の光学フィルターと、第 1 及び第 2 の境界波長の長い方よりも長い第 2 及び第 3 の波長の光をそれぞれ透過する第 2 及び第 3 の光学フィルターとを有し、被写体から得られる出射光を第 1 の光学フィルターに透過させることにより、第 1 の波長を有する第 1 の出射光を分離し、出射光をそれぞれ第 2 及び第 3 の光学フィルターに透過させることにより、第 2 の波長を有する第 2 の出射光及び第 3 の波長を有する第 3 の出射光を分離させてもよい。

【 0 0 1 6 】

奥行き算出部は、第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づく値と、第 1 の出射光の

強度とを用いて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。奥行き算出部は、第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づいて、第 1 の波長を有する光を第 2 の照射光の放射位置から照射したと仮定した場合の被写体からの仮の出射光の強度を求め、第 1 の出射光の強度と仮の出射光の強度とを用いて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。奥行き算出部は、第 2 の出射光と第 3 の出射光の平均強度と、第 1 の出射光の強度とを用いて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。

【 0 0 1 7 】

本発明の第 2 の形態においては、被写体の奥行きに関する情報を取得する画像撮像装置であって、第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、第 1 の波長とは異なる第 2 及び第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から被写体に照射する照射部と、照射部により第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体からの出射光に基づいて、被写体までの奥行き距離を算出する奥行き算出部とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 1 8 】

照射部は、第 1 及び第 2 の照射光を同時に照射してもよい。照射部は、第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、第 1 の波長より短い第 2 の波長、及び第 1 の波長より長い第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から被写体に照射し、照射部により第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体からの出射光を結像する光学結像部と、被写体から得られる出射光から、第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、第 2 及び第 3 の波長を有する第 2 の出射光とを光学的に分離する分光部と、分光部によって分離され、光学結像部が結像する第 1 の出射光及び第 2 の出射光を受光する受光部と、受光部が受光する第 1 及び第 2 の出射光の強度を検出する光強度検出部とをさらに備え、奥行き算出部は、第 1 及び第 2 の出射光の強度を用いて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。

【 0 0 1 9 】

受光部は、2 板の固体撮像素子を有し、分光部は、光路分割手段を用いて、第 1 の出射光と第 2 の出射光の光路を光学的に分岐させ、それぞれ 2 板の固体撮像素子のいずれか 1 つに受光させてもよい。受光部は、固体撮像素子を有し、分光

部は、第 1 の波長の光を透過する第 1 の光学フィルターと、第 2 及び第 3 の波長の光を透過する第 2 の光学フィルターとを有し、第 1 の光学フィルターと第 2 の光学フィルターとが固体撮像素子の受光面に交互に配置されてもよい。

【 0 0 2 0 】

奥行き算出部は、第 1 の出射光の強度と第 2 の出射光の強度の半分の値との比に基づいて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。

【 0 0 2 1 】

上記の第 1 及び第 2 の形態において、照射部が被写体に第 1 及び第 2 の照射光を照射するときの光軸と、結像部が被写体からの出射光を撮像するときの光軸とが略同一であってもよい。光強度検出部は、受光部に撮像された被写体の画像の各画素において第 1 及び第 2 の出射光の強度を検出し、奥行き算出部は、画素の各々に対応する被写体の領域までの奥行きを各々求めることにより、被写体の奥行き分布を算出してもよい。

【 0 0 2 2 】

上記の第 1 及び第 2 の形態において、第 1 及び第 2 の照射光は赤外線領域の光であり、分光部は、被写体から得られる出射光から可視光を光学的に分離する手段をさらに備え、受光部は、分光部により光学的に分離され、光学結像部が結像する可視光を受光する可視光用の固体撮像素子をさらに備え、奥行き算出部が算出する被写体の奥行き分布とともに可視光用の固体撮像素子に撮像された被写体の画像を記録する記録部をさらに備えてもよい。

【 0 0 2 3 】

上記の第 1 及び第 2 の形態において、光強度検出部が検出する被写体からの出射光の強度、及び奥行き算出部が算出する被写体までの奥行き距離の少なくとも 1 つに基づいて、照射部が照射する第 1 及び第 2 の照射光の発光時間、強度、放射位置、及び受光部の露光時間の少なくとも 1 つを制御する制御部をさらに備えてもよい。

【 0 0 2 4 】

本発明の第 3 の形態においては、被写体の奥行きに関する情報を取得する距離測定方法であって、第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、第 1 の

波長とは異なる第 2 及び第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から同時に被写体に照射する照射段階と、第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体から得られる出射光から、第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、第 2 の波長を有する第 2 の出射光と、第 3 の波長を有する第 3 の出射光とを光学的に分離する分光段階と、分離された第 1、第 2 及び第 3 の出射光を撮像する撮像段階と、撮像された第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を検出する光強度検出段階と、第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を用いて、被写体までの奥行き距離を算出する奥行き算出段階とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

奥行き算出段階は、第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づく値と、第 1 の出射光の強度とを用いて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。奥行き算出段階は、第 2 及び第 3 の出射光の強度に基づいて、第 1 の波長を有する光を第 2 の照射光の放射位置から照射したと仮定した場合の被写体からの仮の出射光の強度を求め、第 1 の出射光の強度と仮の出射光の強度の比に基づいて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。奥行き算出段階は、第 2 の出射光と第 3 の出射光の平均強度と、第 1 の出射光の強度との比に基づいて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 4 の形態においては、被写体の奥行きに関する情報を取得する距離測定方法であって、第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、第 1 の波長より短い第 2 の波長、及び第 1 の波長より長い第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から同時に被写体に照射する照射段階と、第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体から得られる出射光から、第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、第 2 及び第 3 の波長を有する第 2 の出射光とを光学的に分離する分光段階と、分離された第 1 の出射光及び第 2 の出射光を撮像する撮像段階と、受光された第 1 の出射光及び第 2 の出射光の強度をそれぞれ検出する光強度検出段階と、第 1 の出射光の強度と第 2 の出射光の強度を用いて、被写体までの奥行き距離を算出する奥行き算出段階とを備えたことを特徴とする。

【 0 0 2 7 】

奥行き算出段階は、第 1 の出射光の強度と第 2 の出射光の強度の半分の値との比に基づいて、被写体までの奥行き距離を算出してもよい。

【 0 0 2 8 】

なお上記の発明の概要は、本発明の必要な特徴の全てを列挙したものではなく、これらの特徴群のサブコンビネーションも又発明となりうる。

【 0 0 2 9 】

【発明の実施の形態】

以下、発明の実施の形態を通じて本発明を説明するが、以下の実施形態は特許請求の範囲にかかる発明を限定するものではなく、また、実施形態の中で説明されている特徴の組み合わせの全てが発明の解決手段に必須であるとは限らない。

【 0 0 3 0 】

(実施形態 1)

本発明の第 1 の実施形態を説明する。最初に、被写体からの反射光の強度から被写体までの奥行き距離を測定する基本原理について説明する。図 1 は、本発明の原理説明図である。光源 6、8 はそれぞれ放射光強度 I_1 、 I_2 を有する同一波長特性の点光源である。光源 6、8 はそれぞれ物体 2 から距離 R_1 、 R_2 の位置にあり、光源 6、8 の放射位置の間隔は L である。光源 6 を発光させ、照射された物体 2 からの反射光をカメラ 5 によって撮影する。次に光源 8 を発光させ、照射された物体 2 からの反射光をカメラ 5 によって撮影する。

【 0 0 3 1 】

光源 6 から放射された光は全方位に放射される。光源 6 を中心とする半径 r の球を考えると、光の半径 r の球面上の単位面積当たりの光密度は、

【 0 0 3 2 】

$$I_1 / (4 \pi r^2)$$

で与えられる。したがって、光源 6 から距離 R_1 だけ離れた位置に存在する物体 2 の領域 4 からの反射光強度 W_1 は、物体 2 の表面反射率を R_f とすると、

【 0 0 3 3 】

$$W_1 = R_f \cdot I_1 / (4 \pi R_1^2)$$

で与えられる。同様にして、光源 8 から距離 R_2 だけ離れた位置に存在する物体 2 の領域 4 からの反射光強度 W_2 は、

【0034】

$$W_2 = R_f \cdot I_2 / (4\pi R_2^2)$$

で与えられる。

【0035】

光源 6 による反射光強度 W_1 と光源 8 による反射光強度 W_2 の比 W_R は、

$$W_R = W_1 / W_2 = (I_1 \cdot R_2^2) / (I_2 \cdot R_1^2)$$

と求められる。これと、 $R_2 - R_1 = L$ の関係から、光源 6 と光源 8 の放射位置間隔 L が既知であれば、反射光強度比 W_R を測定して、距離 R_1 を式

【0036】

$$R_1 = L / \{ (W_R \cdot I_2 / I_1)^{1/2} - 1 \}$$

により求めることができる。

【0037】

このように、同色の光源を用いれば、反射光強度比 W_R を求める過程で、表面反射率 R_f の影響がキャンセルされるため、被写体の奥行き距離に関する情報を取得することができる。この方法では、光源 6 と光源 8 を順に発光し、撮像するため、撮影に時間差が生じる。したがって動きのある被写体には適用することができない。そこで光源 6 と光源 8 の波長特性を異ならせ、光源 6 と光源 8 を同時に発光し、被写体からの反射光から光源 6 による反射光と光源 8 による反射光を波長分離して、それぞれの反射光の強度を測定する方法が考えられる。物体 2 の表面反射率は一般に波長によって異なる。波長 λ の光を照射した場合の表面反射率を $R_f(\lambda)$ とする。光源 6 の波長を λ_1 、光源 8 の波長を λ_2 とすると、光源 6 による反射光強度 W_1 は、

【0038】

$$W_1 = R_f(\lambda_1) \cdot I_1 / (4\pi R_1^2)$$

で与えられる。一方、光源 8 による反射光強度 W_2 は、

【0039】

$$W_2 = R_f(\lambda_2) \cdot I_2 / (4\pi R_2^2)$$

で与えられる。

【0040】

波長による表面反射率の違いがあるため、反射光強度比 W_R を求めても、表面反射率 R_f の項がキャンセルされないため、被写体の奥行き距離に関する情報を取得することができない。波長 λ_1 と λ_2 の差を微小にして、表面反射率 $R_f(\lambda_1)$ と $R_f(\lambda_2)$ の違いを無視して、反射光強度比 W_R を求め、被写体の奥行き距離を算出することもできるが、計算に誤差が生じる。表面反射率 $R_f(\lambda_1)$ と $R_f(\lambda_2)$ の違いによる計算誤差を小さくするためには、波長 λ_1 と λ_2 の差を十分に小さくしなければならないが、波長 λ_1 と λ_2 の差を小さくすると、波長分離の精度が悪くなり、波長毎の強度測定に誤差が含まれることになる。したがって、波長分離の分解能を上げて強度測定の精度を上げるためには、波長 λ_1 と λ_2 の差を大きくしなければならないし、表面反射率 $R_f(\lambda_1)$ と $R_f(\lambda_2)$ の違いを小さくして、距離測定の精度を上げるためには、波長 λ_1 と λ_2 の差を小さくしなければならないというジレンマに陥り、距離測定の精度を改善することに自ずと限界が生じる。

【0041】

そこで、本実施形態では、第1の波長特性を有する光と、第1の波長特性とは異なる第2の波長特性を有する光を光学的に異なる放射位置から同時に被写体に照射し、第1の波長特性を有する光による反射光と、第2の波長特性を有する光による反射光とを光学的に分離し、第2の波長特性の反射光を用いて、仮に第1の波長特性を有する光を第2の波長特性の光の放射位置から照射した場合に、被写体から得られるであろう仮の反射光強度を求め、第1の波長特性の反射光強度と、仮の反射光強度との比に基づいて、被写体の奥行き距離を算出する。仮の反射光強度を求めることにより、波長による表面反射率の違いをキャンセルすることができるため、奥行き距離を正確に求めることができる。

【0042】

図2は、本実施形態の画像撮像装置200の構成図である。画像撮像装置200として、デジタルスチルカメラや静止画像を撮影できるデジタルビデオカメラ等が考えられる。画像撮像装置200は、照射部100と、撮像部120と、処

理部 6 0 と、制御部 8 0 とを有する。

【 0 0 4 3 】

照射部 1 0 0 は被写体に光を照射し、撮像部 1 2 0 は照射部 1 0 0 が照射した被写体を撮像する。処理部 6 0 は撮像部 1 2 0 が撮像した被写体の画像を処理して、撮像された被写体の奥行き距離を求め、被写体の奥行き分布情報として記録する。処理部 6 0 はまた、撮像部 1 2 0 が撮像した被写体の画像を記録することもある。制御部 8 0 は、処理部 6 0 が求めた被写体の奥行き距離に基づいてフィードバック制御を行い、照射部 1 0 0 が照射する光の強度、発光のタイミング、発光時間、放射位置等を制御し、撮像部 1 2 0 の露光時間等を制御する。

【 0 0 4 4 】

照射部 1 0 0 は、光源 1 0 A、1 0 B と、光学フィルター 1 2 A、1 2 B とを有する。光源 1 0 A、1 0 B は異なる位置に設置され、光源 1 0 A、1 0 B からの光は、それぞれ特定の波長成分を透過する光学フィルター 1 2 A、1 2 B を透過し、被写体に同時に照射される。照射部 1 0 0 は、光量を効率的に利用したい場合や、光源 1 0 A、1 0 B の放射位置の差を光学的に大きくしたい場合には、コンデンサーレンズ等の光学レンズを照射光の光路に挿入して、光を集光させたり、レンズ効果により照射光の光学的な放射位置を変更させてもよい。

【 0 0 4 5 】

撮像部 1 2 0 は、光学結像部の一例としての光学レンズ 2 0 と、分光部 3 0 と、受光部 4 0 とを有する。光学レンズ 2 0 は、被写体からの反射光を結像する。分光部 3 0 は、被写体からの反射光を、照射部 1 0 0 が照射した波長特性に合わせて波長分離する。受光部 4 0 は、光学レンズ 2 0 が結像し、分光部 3 0 によって波長分離された反射光を受光する。

【 0 0 4 6 】

受光部 4 0 は、一例として固体撮像素子である。被写体像は固体撮像素子の受光面上に結像される。結像された被写体像の光量に応じ、固体撮像素子の各センサエレメントに電荷が蓄積され、蓄積された電荷は、一定の順序に走査され、電気信号として読み出される。

【 0 0 4 7 】

固体撮像素子は、被写体からの反射光の強度を、画素単位に高い精度で検出可能なように、 S/N 比が良く、画素数が大きい電荷結合素子（CCD）イメージセンサであることが望ましい。固体撮像素子としてCCD以外に、MOSイメージセンサ、CdS-Se密着型イメージセンサ、a-Si（アモルファスシリコン）密着型イメージセンサ、又はバイポーラ密着型イメージセンサのいずれかを用いてもよい。

【0048】

処理部60は、画像メモリ62と、光強度検出部64と、奥行き算出部66と、画像補正部67と、記録部68とを有する。画像メモリ62は、撮像部120が撮像した被写体の画像を、照射部100が照射した照射光の波長特性に合わせて格納する。光強度検出部64が画像メモリ62に格納された被写体の画像から反射光の強度を画素単位または画素領域単位で検出する。奥行き算出部66は、光強度検出部64が検出した反射光強度に基づいて、各画素領域に写された被写体の領域までの奥行き距離を算出する。記録部68は奥行き算出部66が算出した被写体の奥行き距離の分布を記録する。画像補正部67は、画像メモリ62に格納された被写体の画像について、階調補正、ホワイトバランス等の補正を行う。記録部68は画像補正部67が処理した被写体の画像を記録する。また、光強度検出部64及び奥行き算出部66はそれぞれ、被写体からの反射光の検出レベル及び被写体の奥行き分布の情報を制御部80に出力する。記録部68は、フラッシュメモリ、メモリカード等の半導体メモリに画像データ及び奥行き分布情報を記録する。

【0049】

制御部80は、処理部60が求めた被写体の奥行き距離に基づいてフィードバック制御を行い、照射部100が照射する光の強度、発光のタイミング、光の放射位置等を制御し、撮像部120の受光部40の受光感度や露光時間等を制御する。制御部80は、図示しない測光センサの測光データや、測距センサの測距データを用いて、照射部100と撮像部120を制御してもよい。また、制御部80は、処理部60が求めた被写体の奥行き距離に基づいて、被写体の画像を撮影するときの撮像部120のフォーカス、絞り、露光時間等を調整してもよい。

【 0 0 5 0 】

図 3 は、本実施形態の照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の構成図である。光源 1 0 A、1 0 B はそれぞれ物体 2 から距離 R_1 、 R_2 の位置にあり、光源 1 0 A、1 0 B の放射位置間隔は L である。光学フィルター 1 2 A は主に波長 λ_A の光を透過し、光学フィルター 1 2 B は主に波長 λ_B 、 λ_C を有する光を透過する。照射部 1 0 0 は、光源 1 0 A の位置から波長 λ_A の光を、光源 1 0 B の位置から波長 λ_B 及び λ_C を有する光を同時に物体 2 に照射する。

【 0 0 5 1 】

光源 1 0 A、1 0 B からの光が照射された物体 2 からの反射光を撮像部 1 2 0 の光学レンズ 2 0 が結像する。分光部 3 0 は、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の 3 つの光に波長分離して光路を分割するプリズムである。受光部 4 0 A、4 0 B、及び 4 0 C は 3 板の固体撮像素子である。分光部 3 0 によって、分光された波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C を有する光はそれぞれ受光部 4 0 A、4 0 B、4 0 C に受光される。各受光部 4 0 A、4 0 B、4 0 C に受光された光は、光電効果により電荷として読み出され、図示しない A/D 変換器によりデジタル電気信号に変換され、処理部 6 0 に入力される。

【 0 0 5 2 】

図 4 は、本実施形態の処理部 6 0 の構成図である。各受光部 4 0 A、4 0 B、4 0 C が出力する被写体像は、それぞれ画像メモリ 6 2 A、6 2 B、6 2 C に格納される。光強度検出部 6 4 は各画像メモリ 6 2 A、6 2 B、6 2 C に格納された画像データを用いて、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の反射光の強度を検出する。奥行き算出部 6 6 は、光強度検出部 6 4 が検出した波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の反射光の強度を用いて、光源 1 0 A から物体 2 の領域 4 までの距離 R_1 を求める。奥行き算出部 6 6 は撮像された画像の画素または画素の領域単位で、画素または画素領域に写された被写体の領域までの奥行き距離を算出し、被写体の奥行き分布を求め、出力する。記録部 6 8 は被写体の奥行き分布情報を記録する。

【 0 0 5 3 】

光強度検出部 6 4 は、検出した波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の反射光の強度を制御部 8 0 へ出力する。奥行き算出部 6 6 は、被写体の奥行き分布情報を制御部 8 0 へ

出力する。制御部 8 0 は、強度レベルが適正でない場合や奥行き距離の測定精度が良くない場合、光源 1 0 A または 1 0 B の放射光強度を調整するか、または光源 1 0 A と 1 0 B の放射位置間隔を調整する。制御部 8 0 は、光源 1 0 A、1 0 B の放射光強度比をあらかじめいくつか容易しておき、被写体の奥行き距離によって、放射光強度比を選択してもよい。たとえば、被写体が近距離にある場合には、放射光強度比を 1 に近い値に設定し、被写体が遠距離にある場合に、被写体から遠い位置にある光源 1 0 B の放射光強度が大きくなるように、放射光強度比を設定してもよい。

【 0 0 5 4 】

図 5 は、光強度検出部 6 4 と奥行き算出部 6 6 による奥行き距離計算方法の説明図である。光強度検出部 6 4 は、波長 λ_A の反射光の強度 W_A 、波長 λ_B の反射光の W_B 、波長 λ_C の反射光の W_C をそれぞれ検出する。光源 1 0 A、1 0 B の強度をそれぞれ I_1 、 I_2 とし、物体 2 の波長 λ における表面反射率を $R_f(\lambda)$ とすると、波長 λ_A の反射光の強度 W_A は、

【 0 0 5 5 】

$$W_A = R_f(\lambda_A) \cdot I_1 / (4\pi R_1^2)$$

と表され、波長 λ_B の反射光の強度 W_B 、波長 λ_C の反射光の強度 W_C は、

$$W_B = R_f(\lambda_B) \cdot I_2 / (4\pi R_2^2)$$

$$W_C = R_f(\lambda_C) \cdot I_2 / (4\pi R_2^2)$$

と表される。

【 0 0 5 6 】

奥行き算出部 6 6 は、波長 λ_B の反射光の強度 W_B 、及び波長 λ_C の反射光の強度 W_C を用いて、波長 λ_A を有する放射光強度 I_2 の光を光源 1 0 B の放射位置から照射したと仮定した場合に、被写体から得られる仮の反射光の強度 W_D を求める。求められた W_D の値は、理想的には

【 0 0 5 7 】

$$W_D = R_f(\lambda_A) \cdot I_2 / (4\pi R_2^2)$$

である。したがって、波長 λ_A を有する光源 1 0 A からの光による反射光の強度 W_A と、同じ波長 λ_A を有する光源 1 0 B からの光による仮の反射光の強度 W_D

との比を求めると、表面反射率 $R_f(\lambda_A)$ の項がキャンセルされ、

【0058】

$$W_A / W_D = (I_1 \cdot R_2^2) / (I_2 \cdot R_1^2)$$

が得られ、これと $R_2 - R_1 = L$ より、被写体の奥行き距離 R_1 を算出することができる。

【0059】

波長 λ_B の反射光の強度 W_B 、及び波長 λ_C の反射光の強度 W_C を用いて、仮の反射光の強度 W_D を求める方法には、いくつかの変形がありうる。図6は、補間によって仮の反射光の強度を求める方法の説明図である。波長 λ_B の反射光の強度 W_B 、及び波長 λ_C の反射光の強度 W_C を補間することにより、波長 λ_A の場合の仮の強度 W_D を求める。線形補間して仮の強度 W_D を求めてもよく、また単純に波長 λ_B の反射光の強度 W_B 、及び波長 λ_C の反射光の強度 W_C の中間値を仮の強度 W_D としてもよい。

【0060】

図7は、外挿によって仮の反射光の強度を求める方法の説明図である。波長 λ_B の反射光の強度 W_B 、及び波長 λ_C の反射光の強度 W_C を外挿し、波長 λ_B より短い波長 λ_A の場合の仮の強度 W_D を求める。

【0061】

さらに次の変形例がある。図8は、光源10A、10Bによるそれぞれの反射光から仮の反射光強度を求める方法を説明する図である。照射部100は、光源10Aから波長 λ_1 及び λ_2 を有する照射光を、光源10Bから波長 λ_3 及び λ_4 を有する照射光を同時に照射し、撮像部120は、被写体から得られる反射光を、光源10Aからの波長 λ_1 、 λ_2 を有するそれぞれの反射光と、光源10Bからの波長 λ_3 、 λ_4 を有するそれぞれの反射光とに分離する。光強度検出部64は、光源10Aからの波長 λ_1 、 λ_2 の反射光の強度を求め、奥行き算出部66は、光源10Aの位置から、同一強度で波長 λ_5 の光を照射したと仮定した場合の反射光強度 W_A を算出する。また、光強度検出部64は、光源10Bからの波長 λ_3 、 λ_4 の反射光の強度を求め、奥行き算出部66は、光源10Bの位置から、同一強度で波長 λ_5 の光を照射したと仮定した場合の反射光強度 W_D を算

出する。奥行き算出部 6 6 は仮の反射光強度 W_A と W_D の比を求め、被写体の奥行き距離を算出することができる。

【 0 0 6 2 】

さらに次の変形例がある。図 9 (a) ~ (d) は、長波長または短波長の光のみを透過させるバンドパスフィルターを用いて照射した場合の仮の反射光強度を求める方法を説明する図である。光源 1 0 A の光学フィルター 1 2 A は、第 1 の境界波長 λ_1 よりも長い波長の光のみを透過させるバンドパスフィルターであり、光源 1 0 A からの放射光は光学フィルター 1 2 A を透過し、図 9 (a) に示した波長特性を有する光として被写体に照射される。光源 1 0 B の光学フィルター 1 2 B は、第 2 の境界波長 λ_2 よりも短い波長の光のみを透過させるバンドパスフィルターであり、光源 1 0 B からの放射光は光学フィルター 1 2 B を透過し、図 9 (b) に示した波長特性を有する光として被写体に照射される。第 1 の境界波長 λ_1 は第 2 の境界波長 λ_2 より短い波長であってもよい。すなわち光学フィルター 1 2 A、1 2 B が透過させる光の波長特性は、第 1 の境界波長 λ_1 から第 2 の境界波長 λ_2 までの波長領域に重なりを有してもよい。したがって、第 1 の境界波長 λ_1 が第 2 の境界波長 λ_2 より短い場合、光源 1 0 A、1 0 B からの照射光の波長特性は、第 1 の境界波長 λ_1 から第 2 の境界波長 λ_2 までの波長領域に重なりを有する。

【 0 0 6 3 】

分光部 3 0 は、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の光をそれぞれ透過する光学フィルターを有し、被写体から得られる反射光を波長分離し、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C を有する反射光を受光部 4 0 に受光させる。光源 1 0 A による反射光は、分光部 3 0 を通過する前は、図 9 (a) の波長特性を有するが、光学フィルターによって図 9 (c) のように、波長 λ_A の成分だけが取り出される。光源 1 0 B による反射光についても同様であり、分光部 3 0 を通過する前は、図 9 (b) の波長特性を有するが、光学フィルターによって図 9 (d) のように、波長 λ_B 、 λ_C の成分だけがそれぞれ取り出される。ここで、波長 λ_A は、第 1 の境界波長 λ_1 と第 2 の境界波長 λ_2 のどちらか長い方よりも長い波長であり、波長 λ_B 、 λ_C は、第 1 の境界波長 λ_1 と第 2 の境界波長 λ_2 のどちらか短い方よりも短い波長であるこ

とが必要である。なぜなら、分離された波長 λ_A を有する反射光には、光源10Bの照射光による干渉が含まれてはならないし、分離された波長 λ_B 、 λ_C を有するそれぞれの反射光には、光源10Aの照射光による干渉が含まれてはならないからである。波長 λ_A を有する反射光の強度 W_A を検出し、波長 λ_B 、波長 λ_C をそれぞれ有する反射光の強度を外挿して、波長 λ_A の成分が含まれていたと仮定した場合の仮の反射光強度 W_D を求める。反射光強度比 W_A/W_D から被写体の奥行き距離を求める過程は既に述べた通りである。

【0064】

上記のいずれの方法においても、仮の反射光強度を補間、外挿、平均などの処理によって正確に求めることができるように、波長 λ_B と波長 λ_C は線形補間または線形の外挿が可能な範囲で近接した値に設定することがより好ましい。図10は、3種の物体の表面反射率を示す図である。グラフの横軸は波長、縦軸は反射率である。グラフ302、304、306は、それぞれ人間の肌、道、木の葉の3種の物体の表面反射率を分光計で測定した結果である。630nm、650nm、670nmの波長に対する各グラフ上の点をマークした。630nm、650nm、670nmの波長領域では、いずれの物体でも線形補間が可能である。また、同波長領域の光源は入手しやすい。波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C として、このような線形補間が可能で、光源としても入手しやすい波長領域の値を選択することができる。また、受光部40の固体撮像素子の出力信号に対して、通常のデジタルカメラ等で行われる階調補正等の画像補正処理を行うと、信号の線形性が失われる。そこで固体撮像素子への入射光強度に対して線形性を有する信号強度の段階で、強度を検出し、補間、外挿、平均等の処理をすることが好ましい。あるいは、階調補正等の画像補正処理による信号変換関数の逆関数を表すテーブルを用意しておき、画像補正後の信号出力を一旦逆関数のテーブルを参照して、固体撮像素子への入射光強度に対して線形性を有する信号強度に変換してから、強度を検出し、補間、外挿、平均等の処理を行うようにしてもよい。

【0065】

さらに、上記の説明では分光部30として、波長分離して光路を分割する光学分割素子、たとえばプリズム、ビームスプリッターを用いたが、分光部30とし

て、受光部 4 0 の受光面に配置した光学フィルターを用いてもよい。図 1 1 は、受光部 4 0 に設けられる特定波長成分を透過する光学フィルターを説明する図である。受光部 4 0 として単板の固体撮像素子を用い、固体撮像素子の受光面に、光学フィルター 3 2 を設ける。光学フィルター 3 2 は、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C のみをそれぞれ透過させるフィルターが交互に配置される。これにより、固体撮像素子の画素によって波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C のいずれの光を受光したものであるかがわかり、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C を有する光を波長分離して受光することができる。プリズムやビームスプリッターを用いる場合と比べて、単板の固体撮像素子に受光させるため、装置を小型化することができる。

【 0 0 6 6 】

上記の実施形態の説明において、照射される光の波長によって表面反射率の違いが大きい被写体を対象にする場合、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C は仮の反射光強度の算出に誤差が生じないように、できるだけ近接していることが望ましい。一方で、各波長成分の反射光の強度の検出精度を上げるためには、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の以外の波長成分ができるだけ含まれないようにするか、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の値を互いに離れた値にして、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C の分解能を上げ、波長の干渉をできるだけ少なくすることが望ましい。したがって、被写体の表面反射率の特性や要求される測定精度に応じて、照射部 1 0 0 の光源 1 0 の波長特性、光学フィルター 1 2 の波長透過特性、撮像部 1 2 0 の分光部 3 0 の波長透過特性を設計することが好ましい。

【 0 0 6 7 】

図 1 2 は、本実施形態の距離測定方法のフローチャートである。照射部 1 0 0 は、波長 λ_A を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、波長 λ_A とは異なる波長 λ_B 及び波長 λ_C を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から同時に被写体に照射する (S 1 0 0)。

【 0 0 6 8 】

撮像部 1 2 0 の光学レンズ 2 0 は、第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体からの反射光を結像する (S 1 0 2)。分光部 3 0 は、被写体からの反射光から、波長 λ_A を有する第 1 の反射光と、波長 λ_B を有する第 2 の反射光と、波長 λ_C

C を有する第3の反射光とを光学的に分離する（S104）。

【0069】

受光部40は、分離された第1、第2、第3の反射光を受光する（S106）。処理部60の光強度検出部64は、第1、第2、第3の反射光の強度 W_A 、 W_B 、 W_C を検出する（S108）。

【0070】

奥行き算出部66は、第1、第2、第3の反射光の強度 W_A 、 W_B 、 W_C を用いて、被写体までの奥行き距離を算出する（S110）。

【0071】

図13は、奥行き距離算出処理S110のフローチャートである。第2及び第3の反射光の強度 W_B 、 W_C に基づいて、波長 λ_A で強度が I_2 の光が第2の照射光の放射位置から照射されたと仮定した場合の被写体からの仮の反射光の強度 W_D を求める（S112）。仮の反射光の強度 W_D は、第2及び第3の反射光の強度 W_B 及び W_C を補間または外挿することにより求める。第1の反射光の強度 W_A と仮の反射光の強度 W_D の比 W_A/W_D を求める（S114）。第1、第2の照射光の強度 I_1 、 I_2 、第1、第2の照射光の放射位置間隔 L 、反射光強度比 W_A/W_D に基づいて、被写体までの距離を算出する（S116）。

【0072】

図14は、奥行き距離算出処理S110の変形例のフローチャートである。第2及び第3の反射光の強度 W_B 、 W_C の平均値 $W_D = (W_B + W_C) / 2$ を求める（S118）。第1の反射光の強度 W_A と、第2及び第3の反射光の平均強度 W_D の比 W_A/W_D を求める（S120）。第1、第2の照射光の強度 I_1 、 I_2 、第1、第2の照射光の放射位置間隔 L 、反射光強度比 W_A/W_D に基づいて、被写体までの距離を算出する（S122）。

【0073】

以上述べたように、本実施形態の画像撮像装置によれば、異なる波長特性を有する光を光学的に異なる放射位置から同時に被写体に照射し、被写体から得られる反射光から波長特性に合わせて波長分離し、波長分離された反射光の強度を用いて、被写体までの奥行き距離を簡便に求めることができる。

【 0 0 7 4 】

また、被写体からの反射光による像を固体撮像素子に撮像し、画像データとして格納するため、画素または画素領域単位で反射光強度を検出して奥行き距離を算出することができ、撮像された被写体の領域の奥行き分布を得ることができる。したがって、被写体の 2 次元画像から被写体の奥行き分布を獲得して、被写体の 3 次元立体画像を作成することが可能である。

【 0 0 7 5 】

(実施形態 2)

本発明の第 2 の実施形態を説明する。本実施形態の画像撮像装置は、第 1 の実施形態の画像撮像装置と比較して、照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の一部の構成が異なるだけであるから、同一の構成要素については説明を省略し、異なる構成要素についてのみ説明する。図 1 5 は、本実施形態の照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の構成図である。本実施形態では、照射部 1 0 0 の光学フィルター 1 2 A は主に波長 λ_A の光を透過し、光学フィルター 1 2 B は、主に波長 λ_A より短い波長 λ_B と、波長 λ_A より長い波長 λ_C を有する光を透過する。照射部 1 0 0 は、光源 1 0 A の位置から波長 λ_A の光と、光源 1 0 B の位置から波長 λ_B 及び λ_C を有する光を同時に物体 2 に照射する。

【 0 0 7 6 】

撮像部 1 2 0 の分光部 3 0 は、波長 λ_A を有する光と、波長 λ_B 及び λ_C を有する光とに波長分離して光路を分割するプリズムである。受光部 4 0 A 及び 4 0 B は 2 板の固体撮像素子である。分光部 3 0 によって、分光された波長 λ_A を有する光は、受光部 4 0 A に、波長 λ_B 及び λ_C を有する光は受光部 4 0 B にそれぞれ受光される。受光部 4 0 A、4 0 B に受光された光は、電気信号に変換され、処理部 6 0 に入力される。

【 0 0 7 7 】

図 1 6 は、本実施形態の処理部 6 0 の構成図である。各受光部 4 0 A、4 0 B が出力する被写体像は、それぞれ画像メモリ 6 2 A、6 2 B に格納される。光強度検出部 6 4 は各画像メモリ 6 2 A、6 2 B に格納された画像データを用いて、波長 λ_A を有する反射光、波長 λ_B と λ_C を有する反射光の強度を検出する。奥

行き算出部 6 6 は、光強度検出部 6 4 が検出した波長 λ_A の反射光の強度、波長 λ_B 及び λ_C の反射光の強度を用いて、光源 1 0 A から物体 2 の領域 4 までの距離 R_1 を求める。奥行き算出部 6 6 は撮像された画像の画素または画素の領域単位で、画素または画素領域に写された被写体の領域までの奥行き距離を算出し、被写体の奥行き分布を求め、出力する。記録部 6 8 は被写体の奥行き分布情報を記録する。

【 0 0 7 8 】

図 1 7 は、光強度検出部 6 4 と奥行き算出部 6 6 による奥行き距離計算方法の説明図である。光強度検出部 6 4 は、波長 λ_A の反射光の強度 W_A 、波長 λ_B と λ_C を有する反射光の強度 W_E をそれぞれ検出する。光源 1 0 A、1 0 B の強度をそれぞれ I_1 、 I_2 とし、物体 2 の波長 λ における表面反射率を $R_f(\lambda)$ とすると、波長 λ_A の反射光の強度 W_A は、

【 0 0 7 9 】

$$W_A = R_f(\lambda_A) \cdot I_1 / (4\pi R_1^2)$$

と表され、波長 λ_B と λ_C を有する反射光の強度 W_E は、

$$W_E = R_f(\lambda_B) \cdot I_2 / (4\pi R_2^2) + R_f(\lambda_C) \cdot I_2 / (4\pi R_2^2)$$

と表される。

【 0 0 8 0 】

奥行き算出部 6 6 は、波長 λ_B と波長 λ_C を有する反射光の強度 W_E の半分の値を W_D とする。波長 λ_A は、波長 λ_B と波長 λ_C の中間の値であるから、 W_D の値は、波長 λ_A を有する放射光強度 I_2 の光を光源 1 0 B の放射位置から照射したと仮定した場合に、被写体から得られる仮の反射光の強度にほぼ等しい。得られた W_D の値は、理想的には

【 0 0 8 1 】

$$W_D = R_f(\lambda_A) \cdot I_2 / (4\pi R_2^2)$$

である。したがって、波長 λ_A を有する光源 1 0 A からの光による反射光の強度 W_A と、同じ波長 λ_A を有する光源 1 0 B からの光による仮の反射光の強度 W_D との比を求めると、表面反射率 $R_f(\lambda_A)$ の項がキャンセルされ、

【 0 0 8 2 】

$$W_A / W_D = (I_1 \cdot R_2^2) / (I_2 \cdot R_1^2)$$

が得られ、これと $R_2 - R_1 = L$ より、被写体の奥行き距離 R_1 を算出することができる。

【 0 0 8 3 】

仮の反射光強度 W_D が正確に得られるように、波長 λ_A は、波長 λ_B 、 λ_C の中間の波長であることがより好ましい。上記の説明では、分光部 30 は、波長 λ_A を有する光と、波長 λ_B 及び λ_C を有する光とに波長分離したが、フィルタリングの方法として、波長 λ_B 、 λ_C を選択的に透過する必要は必ずしもなく、波長 λ_A をカットするバンドカットフィルターを用いても同じ効果を奏する。図 18 (a) ~ (d) は、バンドカットフィルターを用いて反射光を分離する方法を説明する図である。図 18 (a) のように、光源 10A からの照射光は、波長 λ_A を主要な波長成分とする波長特性を有する。図 18 (b) のように、光源 10B からの照射光は、波長 λ_A を間に挟む波長 λ_B 、 λ_C を主要な波長成分とする波長特性を有する。分光部 30 は、図 18 (c) に示すような、主に波長 λ_A だけを透過するバンドパスフィルターと、図 18 (d) に示すような、主に波長 λ_A の波長成分をカットするバンドカットフィルターとを有し、被写体からの反射光をバンドパスフィルターに透過させることにより、波長 λ_A を有する反射光を分離し、被写体からの反射光をバンドカットフィルターに透過させることにより、波長 λ_B と波長 λ_C を有する反射光を分離する。波長 λ_B と波長 λ_C を有する反射光の強度の半分の値と、波長 λ_A を有する反射光の強度の比に基づいて、被写体の奥行き値を求める方法は上述の通りである。

【 0 0 8 4 】

図 19 は、本実施形態の距離測定方法のフローチャートである。照射部 100 は、波長 λ_A を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、波長 λ_A より短い波長 λ_B と、波長 λ_A より長い波長 λ_C を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から同時に被写体に照射する (S200)。

【 0 0 8 5 】

撮像部 120 の光学レンズ 20 は、第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体

からの反射光を結像する（S 2 0 2）。分光部 3 0 は、被写体からの反射光から、波長 λ_A を有する第 1 の反射光と、波長 λ_B 及び波長 λ_C を有する第 2 の反射光とを光学的に分離する（S 2 0 4）。

【0 0 8 6】

受光部 4 0 は、分離された第 1、第 2 の反射光を受光する（S 2 0 6）。処理部 6 0 の光強度検出部 6 4 は、第 1、第 2 の反射光の強度 W_A 、 W_E を検出する（S 2 0 8）。

【0 0 8 7】

奥行き算出部 6 6 は、第 1 の反射光の強度 W_A 、第 2 の反射光の強度 W_E の半分の値 W_D の比 W_A/W_D を求め（S 2 1 2）、第 1、第 2 の照射光の強度 I_1 、 I_2 、第 1、第 2 の照射光の放射位置間隔 L 、反射光強度比 W_A/W_D に基づいて、被写体までの距離を算出する（S 2 1 4）。

【0 0 8 8】

上記の説明では分光部 3 0 として、波長分離して光路を分割する光学分割素子、たとえばプリズム、ビームスプリッターを用いたが、分光部 3 0 として、第 1 の実施形態と同様に、受光部 4 0 として単板の固体撮像素子を用い、固体撮像素子の受光面に、光学フィルター 3 2 を設けてもよい。光学フィルター 3 2 は、波長 λ_A のみを透過させるフィルターと、波長 λ_B 及び λ_C を透過させるフィルターが交互に配置される。プリズムやビームスプリッターを用いる場合と比べて、単板の固体撮像素子に受光させるため、装置を小型化することができる。

【0 0 8 9】

以上述べたように、本実施形態の画像撮像装置によれば、第 1 の波長を主要な波長成分とする第 1 の照射光と、第 1 の波長を中間に挟む第 2、第 3 の波長を主要な波長成分とする第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から同時に被写体に照射し、被写体から得られる反射光から、第 1 の波長を有する第 1 の反射光と、第 2 及び第 3 の波長を有する第 2 の反射光とに分離し、第 1 の反射光強度と、第 2 の反射光強度の半分の値との比に基づいて被写体の奥行き距離を算出することができる。第 2 の反射光強度を半分にするだけで、第 1 の波長を有する光を第 2 の照射光の放射位置から照射した場合の仮の反射光強度を求めることができ

るため、非常に簡便に被写体の奥行き距離を算出することができる。また、被写体からの反射光を受光する固体撮像素子を2板にすることができ、装置の小型化を図ることができる。

【 0 0 9 0 】

(実施形態3)

本発明の第3の実施形態を説明する。本実施形態の画像撮像装置は、第1の実施形態の画像撮像装置と比較して、照射部100と撮像部120の一部の構成が異なるだけであるから、同一の構成要素については説明を省略し、異なる構成要素についてのみ説明する。図20は、本実施形態の照射部100と撮像部120の構成図である。本実施形態では、照射部100の光源10A、10Bは赤外光源である。光学フィルター12Aは赤外領域における波長 λ_A の光を透過し、光学フィルター12Bは、赤外領域における波長 λ_B 及び波長 λ_C を有する光を透過する。照射部100は、光源10Aの位置から赤外領域の波長 λ_A の光と、光源10Bの位置から赤外領域の波長 λ_B 及び λ_C を有する光とを同時に物体2に照射する。物体2にはさらに可視光領域の光、たとえば自然光や照明光が照射されている。

【 0 0 9 1 】

撮像部120の分光部30は、赤外領域の波長 λ_A を有する光と、赤外領域の波長 λ_B 及び λ_C を有する光と、可視光領域の光とに波長分離して光路を分割するプリズムである。受光部40A、40B、及び40Cは3板の固体撮像素子である。分光部30によって、分光された波長 λ_A を有する光は、受光部40Aに、波長 λ_B 及び λ_C を有する光は受光部40Bに、可視光は受光部40Cにそれぞれ受光される。赤外領域の反射光の撮影像がピンぼけしないように、受光部40A、40Bはピントが合う位置にあらかじめ設定しておく。受光部40A、40B、40Cに受光された光は、電気信号に変換され、処理部60に入力される。

【 0 0 9 2 】

図21は、本実施形態の処理部60の構成図である。各受光部40A、40Bが出力する被写体像は、それぞれ画像メモリ62A、62Bに格納される。光強

度検出部 6 4 は各画像メモリ 6 2 A、6 2 B に格納された画像データを用いて、反射光の強度を検出し、奥行き算出部 6 6 は、光強度検出部 6 4 が検出した反射光の強度を用いて、光源 1 0 A から物体 2 の領域 4 までの距離 R_1 を求める。光強度検出部 6 4 と奥行き算出部 6 6 の動作は、第 2 の実施形態と同様であるから、説明を省略する。奥行き算出部 6 6 は撮像された画像の画素または画素の領域単位で、画素または画素領域に写された被写体の領域までの奥行き距離を算出し、被写体の奥行き分布を求め、出力する。記録部 6 8 は被写体の奥行き分布情報を記録する。さらに、受光部 4 0 C が出力する被写体像は画像メモリ 6 2 C に格納される。画像補正部 6 7 は、画像メモリ 6 2 に格納された画像データに対して、階調補正等の画像補正を行い、被写体の画像データとして出力し、記録部 6 8 は被写体の画像データを被写体の奥行き分布情報とともに記録する。

【 0 0 9 3 】

上記では、波長 λ_B 及び λ_C を有する反射光を分離せずに、受光部 4 0 B に受光させたが、受光部 4 0 として、4 板の固体撮像素子を用いて、分光部 3 0 によって波長 λ_B を有する反射光と波長 λ_C を有する反射光とを分離させて、異なる固体撮像素子にそれぞれの反射光を受光させてもよい。その場合、第 1 の実施形態と同様の方法で、波長 λ_A 、 λ_B 、 λ_C のそれぞれの反射光の強度を用いて、被写体の奥行き距離を求めることができる。

【 0 0 9 4 】

以上述べたように、本実施形態の画像撮像装置によれば、被写体の奥行き距離測定には赤外光を用いるため、被写体に自然光や照明光が照射された自然な条件のもとでも、被写体の奥行き距離を測定することができる。したがって、被写体の奥行き距離測定のために、部屋を暗室にする必要がない。また、可視光領域の反射光を分離させて撮像することができるため、被写体の奥行き分布を測定すると同時に、被写体の画像を撮影することができる。撮影された被写体の画像から奥行き分布に基づいて、主要被写体を抽出したり、背景と人物像を分離するなど、被写体の奥行き分布を用いた、被写体の画像処理が可能である。

【 0 0 9 5 】

(実施形態 4)

本発明の第 4 の実施形態を説明する。本実施形態の画像撮像装置は、第 1、第 2、第 3 の実施形態の画像撮像装置と比較して、照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の光軸を同一にするために、ハーフミラー 1 7 と 1 8 を用いた点だけが異なる。図 2 2 は、本実施形態の照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の構成図である。第 1 の実施形態において、ハーフミラー 1 7 と 1 8 を用いた例を示すが、第 2、第 3 の実施形態においても同様の構成を取ることができる。照射部 1 0 0 の光源 1 0 A と 1 0 B の放射位置は距離 L だけ離れており、光源 1 0 B からの照射光はハーフミラー 1 7 に反射し、さらにハーフミラー 1 8 に反射して、物体 2 に照射される。光源 1 0 A からの照射光はハーフミラー 1 7 を通過し、ハーフミラー 1 8 に反射して、物体 2 に照射される。被写体からの反射光はハーフミラー 1 8 と通過し、撮像部 1 2 0 の光学レンズ 2 0 によって結像される。

【 0 0 9 6 】

本実施形態では、照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の光軸が光学的に同軸であるため、照射部 1 0 0 によって照射された被写体を撮像部 1 2 0 が撮影する際、影になって撮影できない領域が生じることがない。したがって照射された被写体の全領域の奥行き分布を算出することができ、奥行き距離を算出できない死角が生じることはない。また、照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の光軸を同軸にすることにより、画像撮像装置 2 0 0 全体を小型化することができる。

【 0 0 9 7 】

以上述べたように、本発明の画像撮像装置及び距離測定方法によれば、異なる波長特性を有する光を異なる放射位置から同時に被写体に照射し、被写体からの反射光を波長特性に合わせて光学的に分離し、強度を測定することにより、被写体の奥行き距離を簡便に算出することができる。

【 0 0 9 8 】

以上、本発明を実施の形態を用いて説明したが、本発明の技術的範囲は上記実施の形態に記載の範囲には限定されない。上記実施の形態に、多様な変更又は改良を加えることができる。その様な変更又は改良を加えた形態も本発明の技術的範囲に含まれ得ることが、特許請求の範囲の記載から明らかである。

【 0 0 9 9 】

そのような変更例として、上記の説明では、光が照射された被写体から得られる出射光の一例として反射光を撮像し、反射光の強度の違いから被写体までの距離を求めたが、被写体が光を透過する透明もしくは半透明の物体である場合、被写体を透過した透過光の強度の違いから被写体の奥行き距離を求めることもできる。

【 0 1 0 0 】

【発明の効果】

上記説明から明らかなように、本発明によれば、光が照射された被写体から得られる出射光を撮影することにより、被写体の奥行き距離を簡便に測定することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の原理説明図である。

【図 2】 第 1 の実施形態の画像撮像装置 2 0 0 の構成図である。

【図 3】 第 1 の実施形態の照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の構成図である。

【図 4】 第 1 の実施形態の処理部 6 0 の構成図である。

【図 5】 光強度検出部 6 4 と奥行き算出部 6 6 による奥行き距離計算方法の説明図である。

【図 6】 補間によって仮の反射光の強度を求める方法の説明図である。

【図 7】 外挿によって仮の反射光の強度を求める方法の説明図である。

【図 8】 光源 1 0 A、1 0 B によるそれぞれの反射光から仮の反射光強度を求める方法を説明する図である。

【図 9】 長波長または短波長の光のみを透過させるバンドパスフィルターを用いて照射した場合の仮の反射光強度を求める方法を説明する図である。

【図 1 0】 3 種の物体の表面反射率を示す図である。

【図 1 1】 受光部 4 0 に設けられる特定波長成分を透過する光学フィルターを説明する図である。

【図 1 2】 第 1 の実施形態の距離測定方法のフローチャートである。

【図 1 3】 奥行き距離算出処理 S 1 1 0 のフローチャートである。

【図 1 4】 奥行き距離算出処理 S 1 1 0 の変形例のフローチャートである

。

【図 1 5】 第 2 の実施形態の照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の構成図である

。

【図 1 6】 第 2 の実施形態の処理部 6 0 の構成図である。

【図 1 7】 光強度検出部 6 4 と奥行き算出部 6 6 による奥行き距離計算方法の説明図である。

【図 1 8】 バンドカットフィルターを用いて反射光を分離する方法を説明する図である。

【図 1 9】 第 2 の実施形態の距離測定方法のフローチャートである。

【図 2 0】 第 3 の実施形態の照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の構成図である

。

【図 2 1】 第 3 の実施形態の処理部 6 0 の構成図である。

【図 2 2】 第 4 の実施形態の照射部 1 0 0 と撮像部 1 2 0 の構成図である

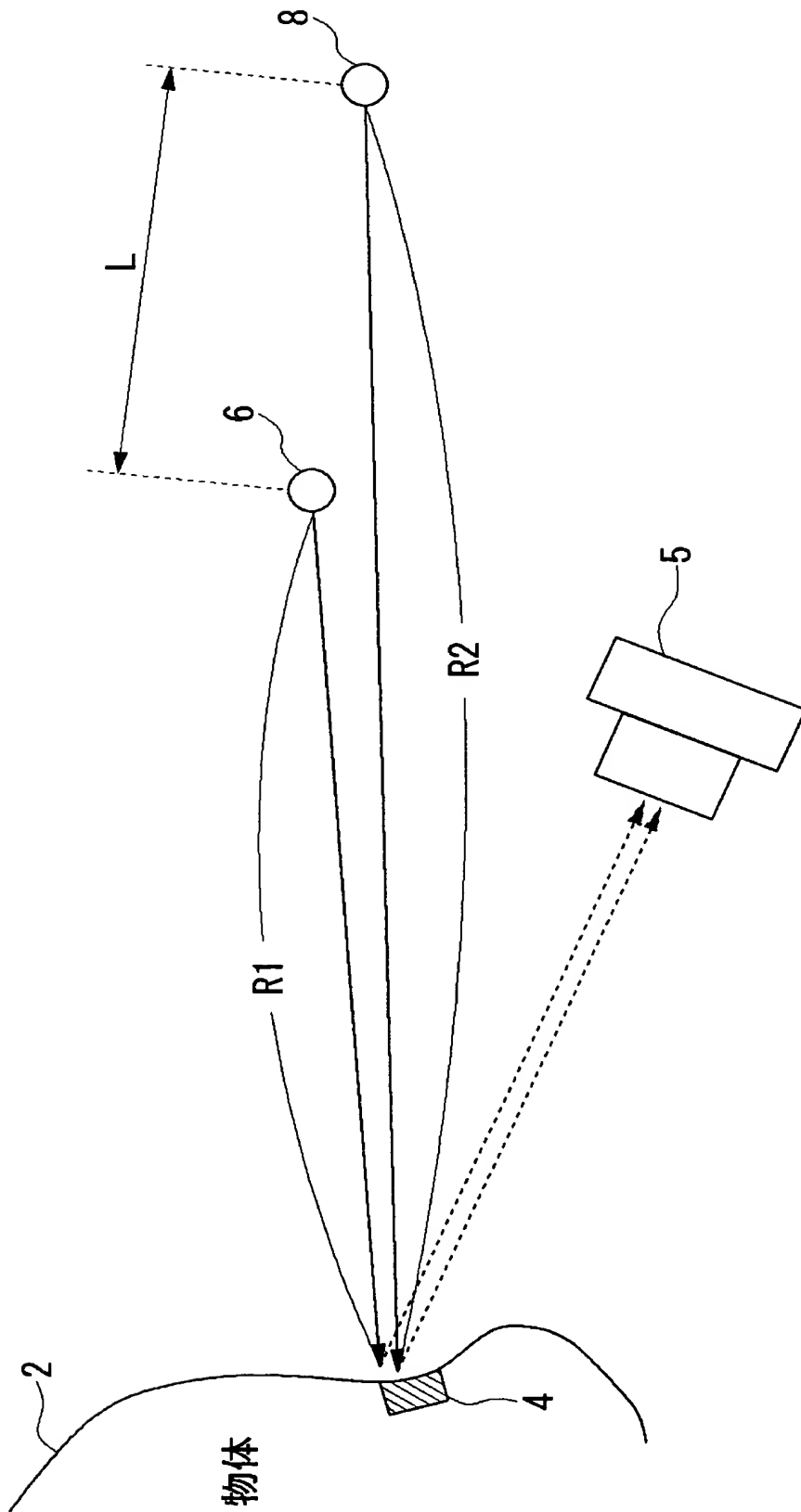
。

【符号の説明】

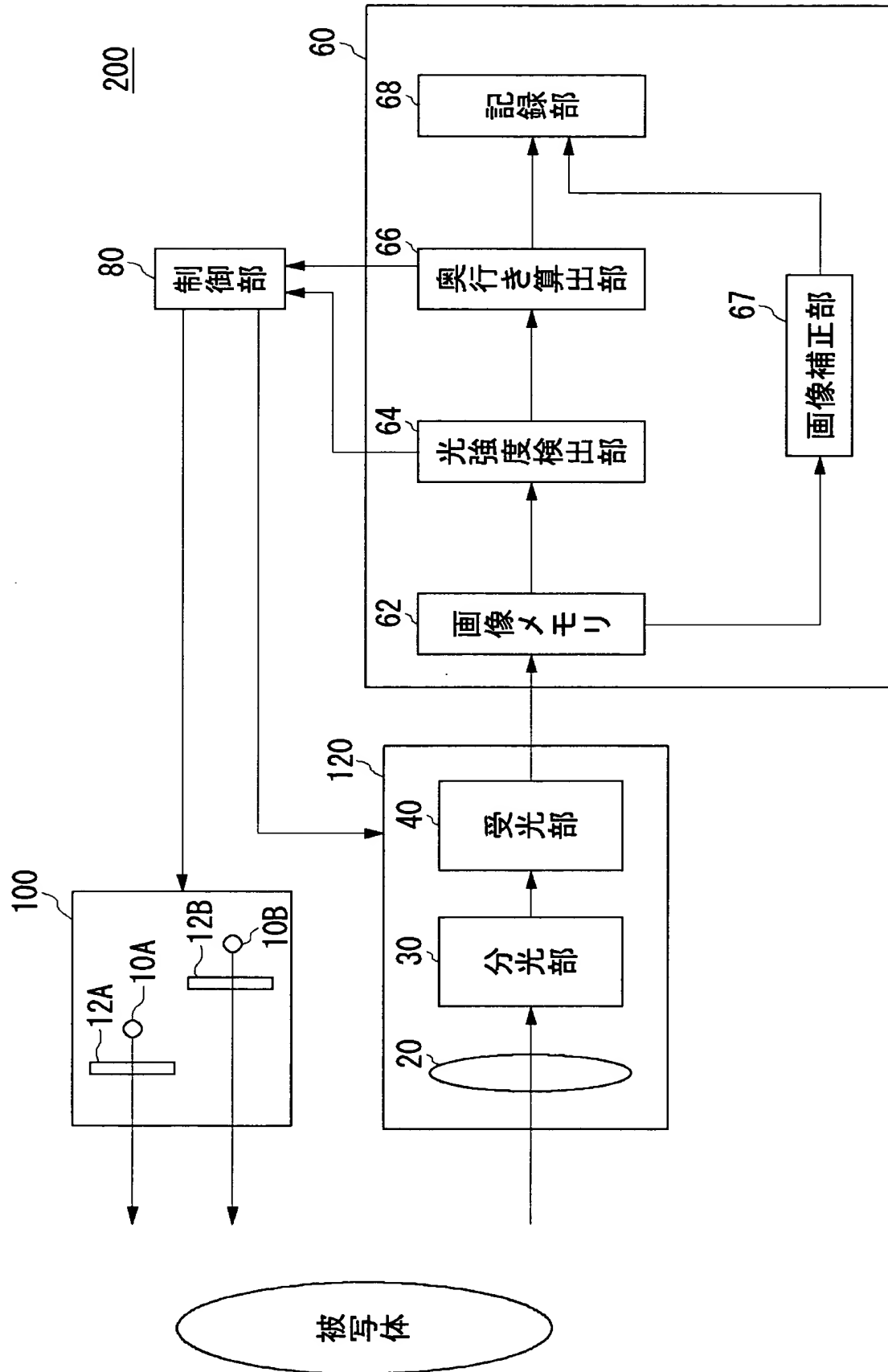
1 0	光源	1 2	光学フィルター
1 4	コンデンサーレンズ		
1 7、1 8	ハーフミラー		
2 0	光学レンズ	3 0	分光部
3 2	光学フィルター	4 0	受光部
6 0	処理部	6 2	画像メモリ
6 4	光強度検出部	6 6	奥行き算出部
6 7	画像補正部	6 8	記録部
8 0	制御部	1 0 0	照射部
1 2 0	撮像部	2 0 0	画像撮像装置

【書類名】 図面

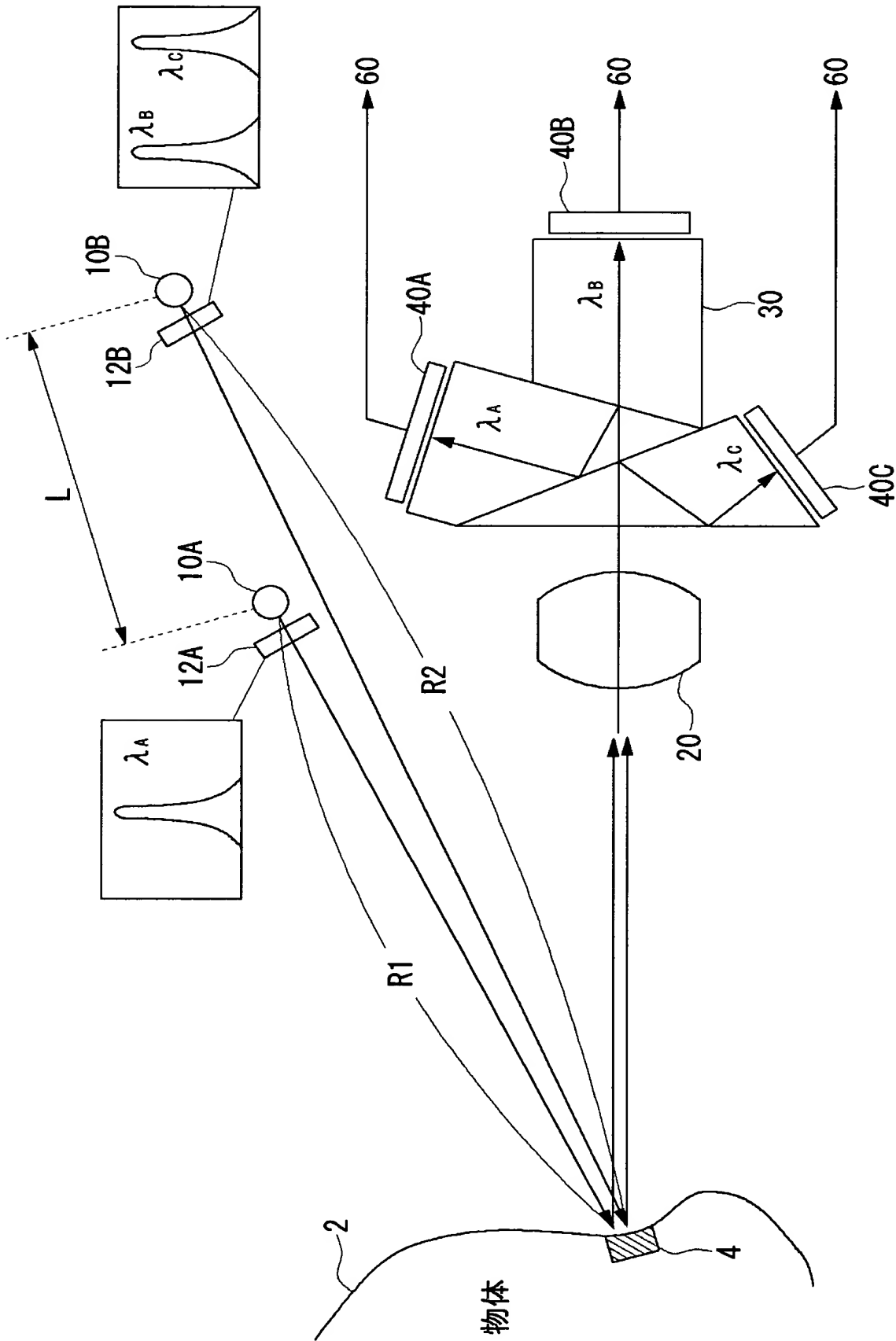
【図 1】



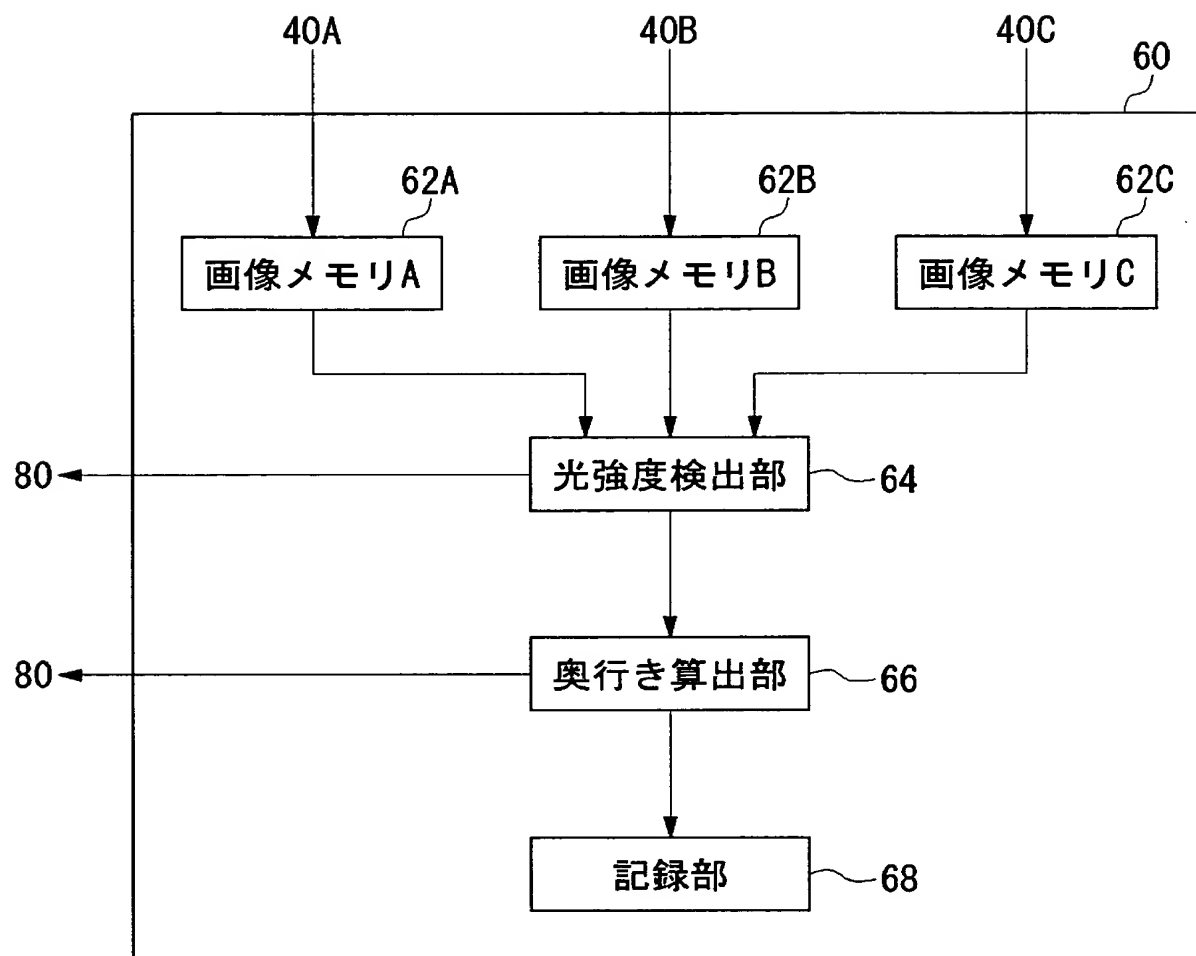
【図 2】



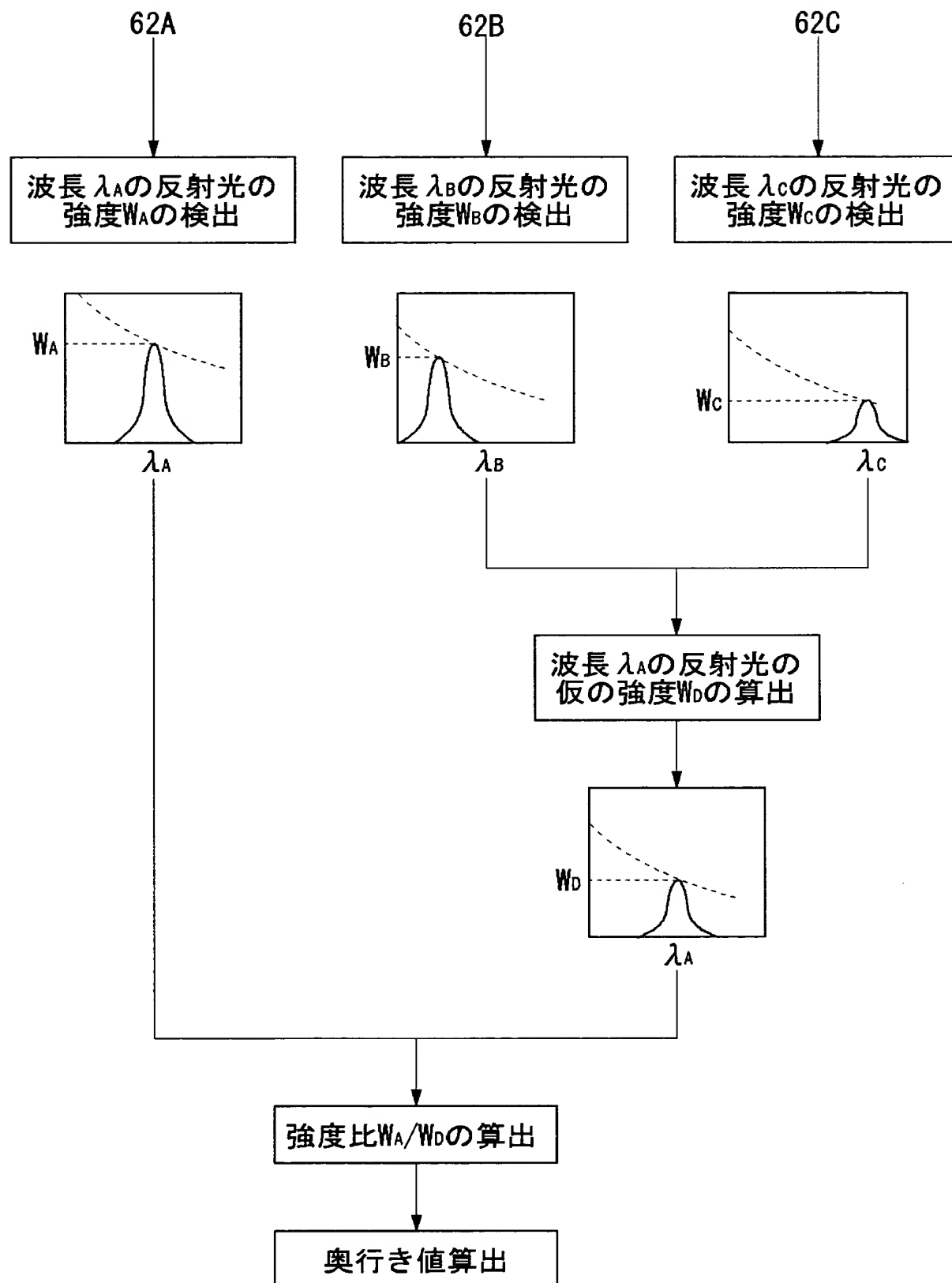
【図 3】



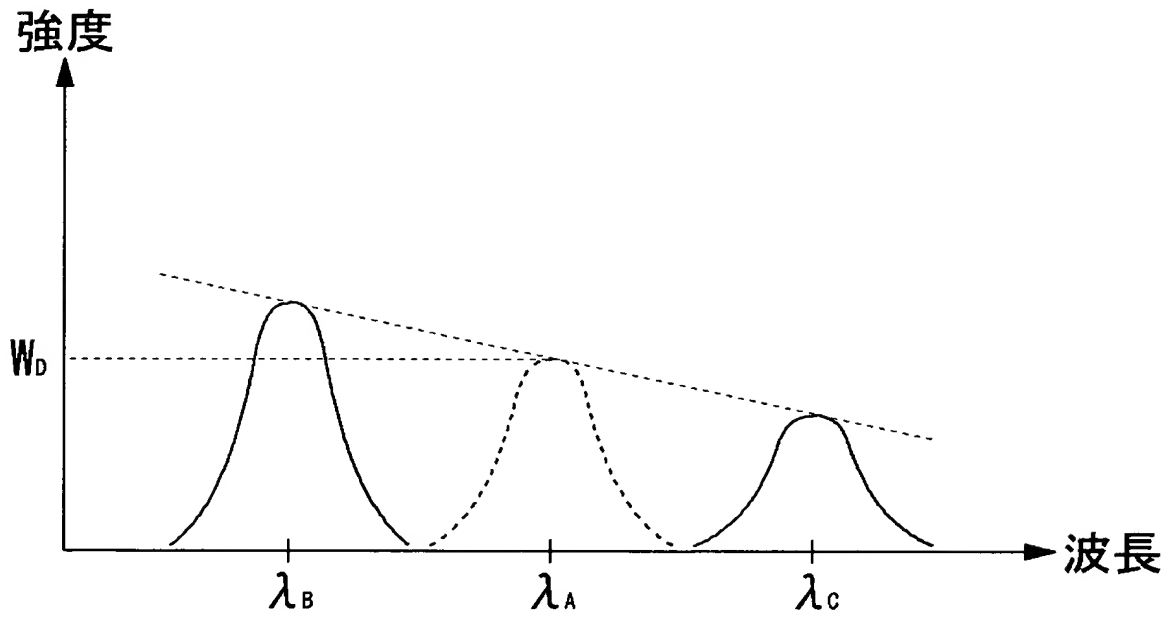
【図 4】



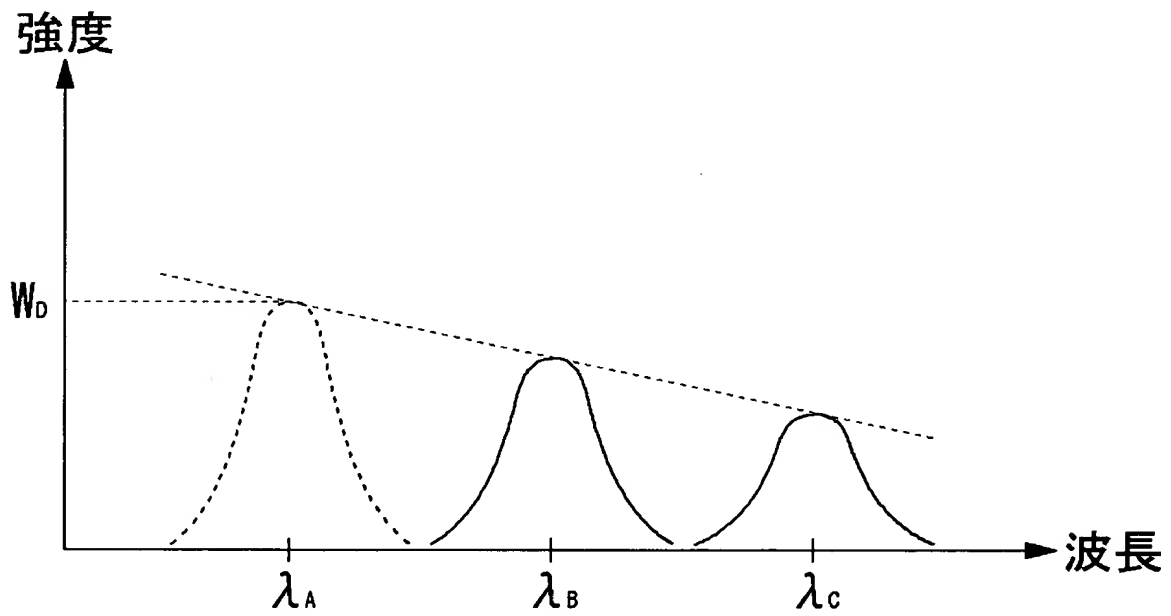
【図 5】



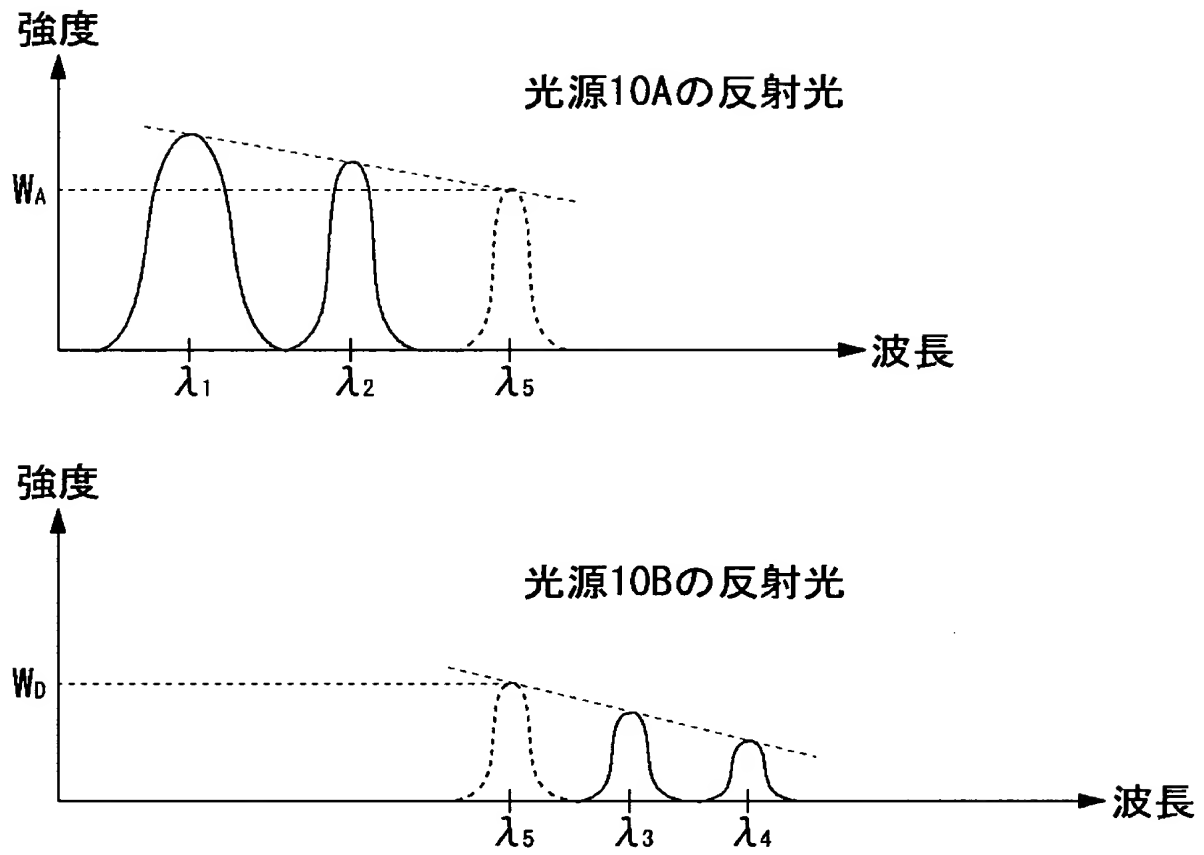
【図 6】



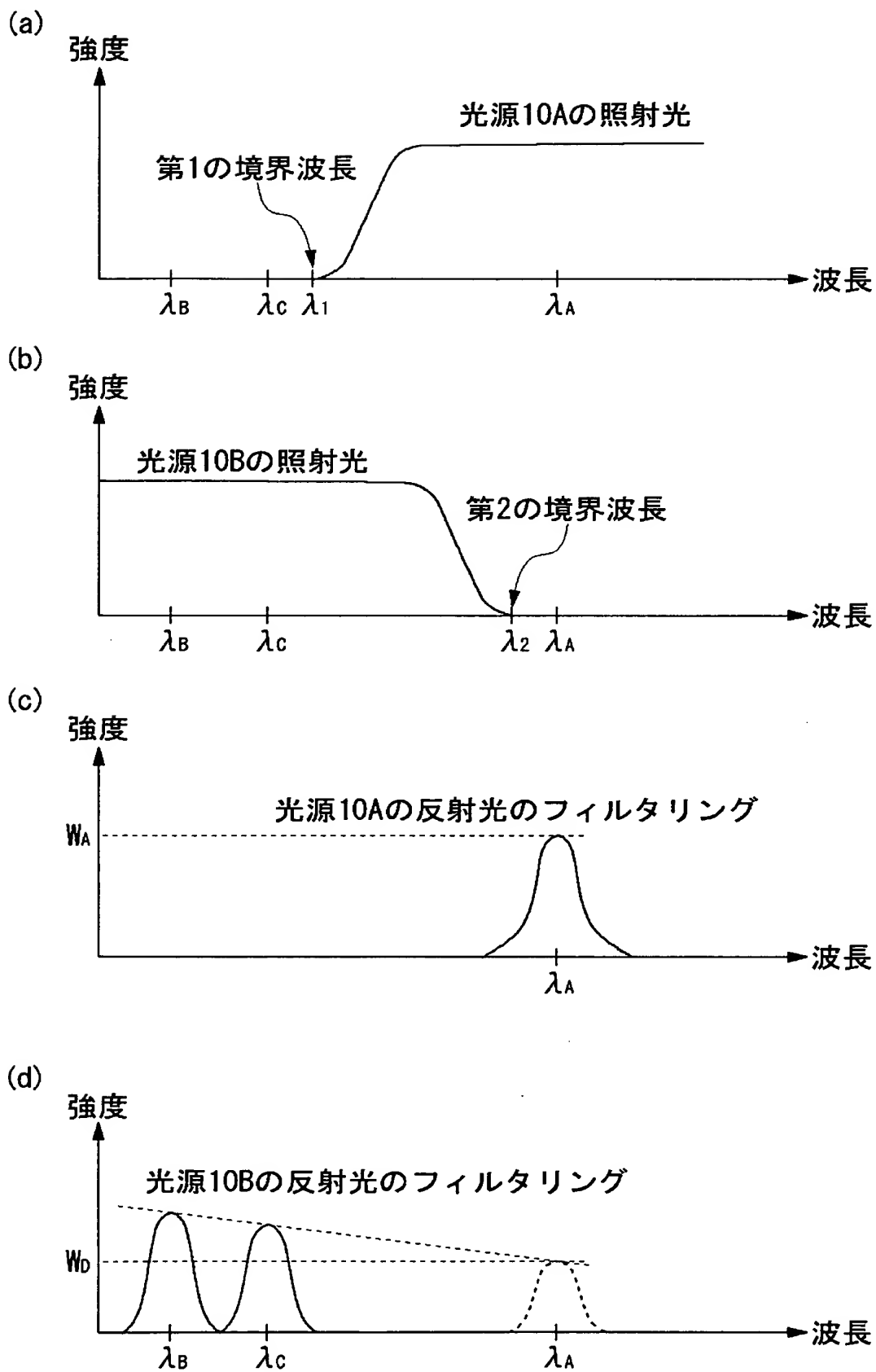
【図 7】



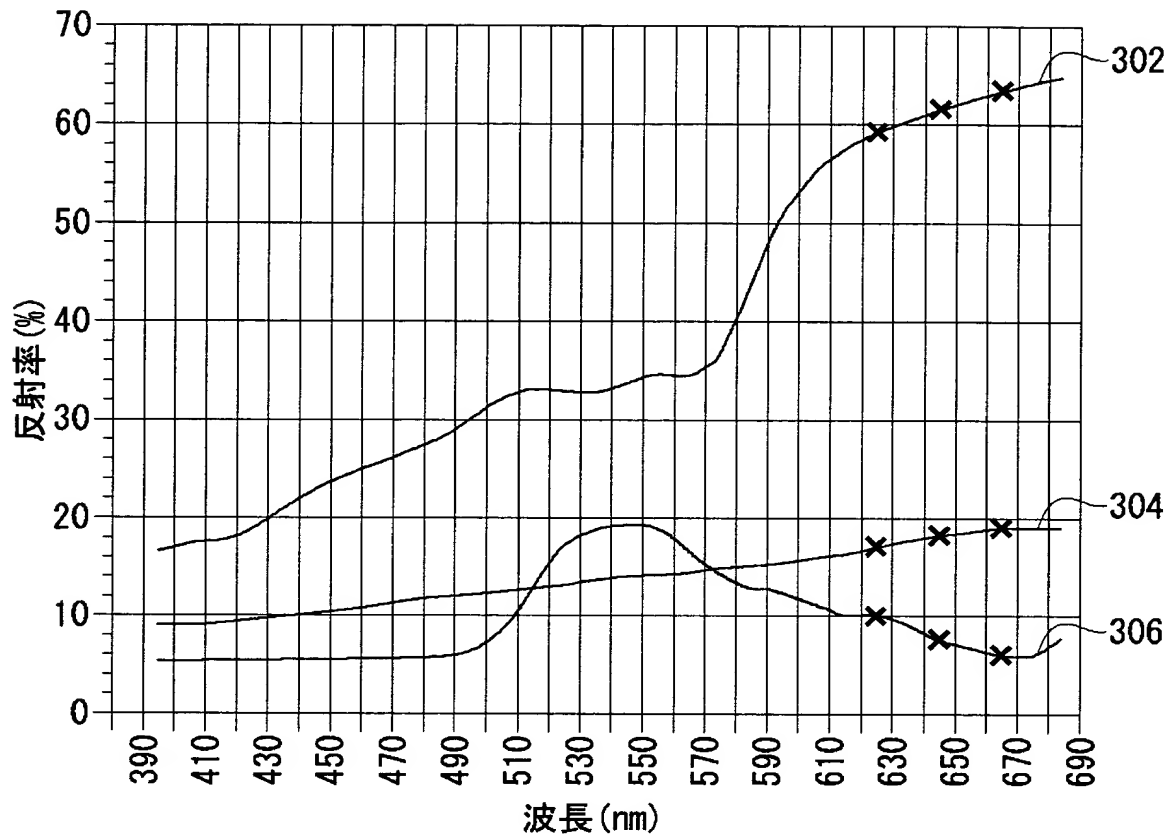
【図 8】



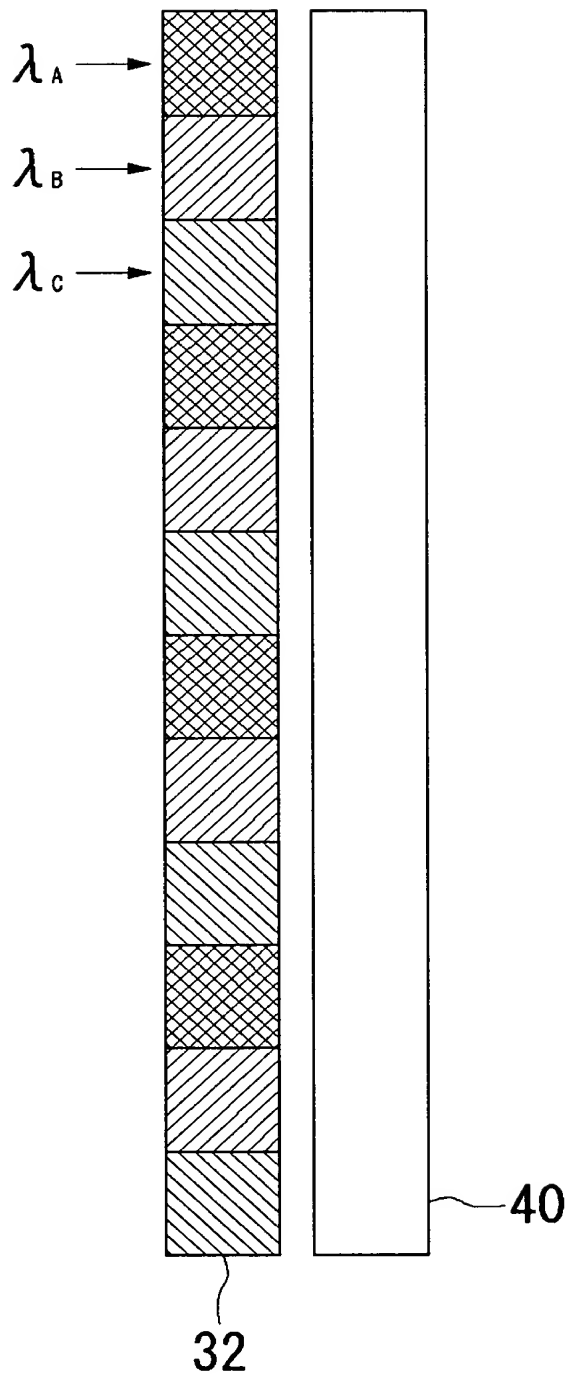
【図 9】



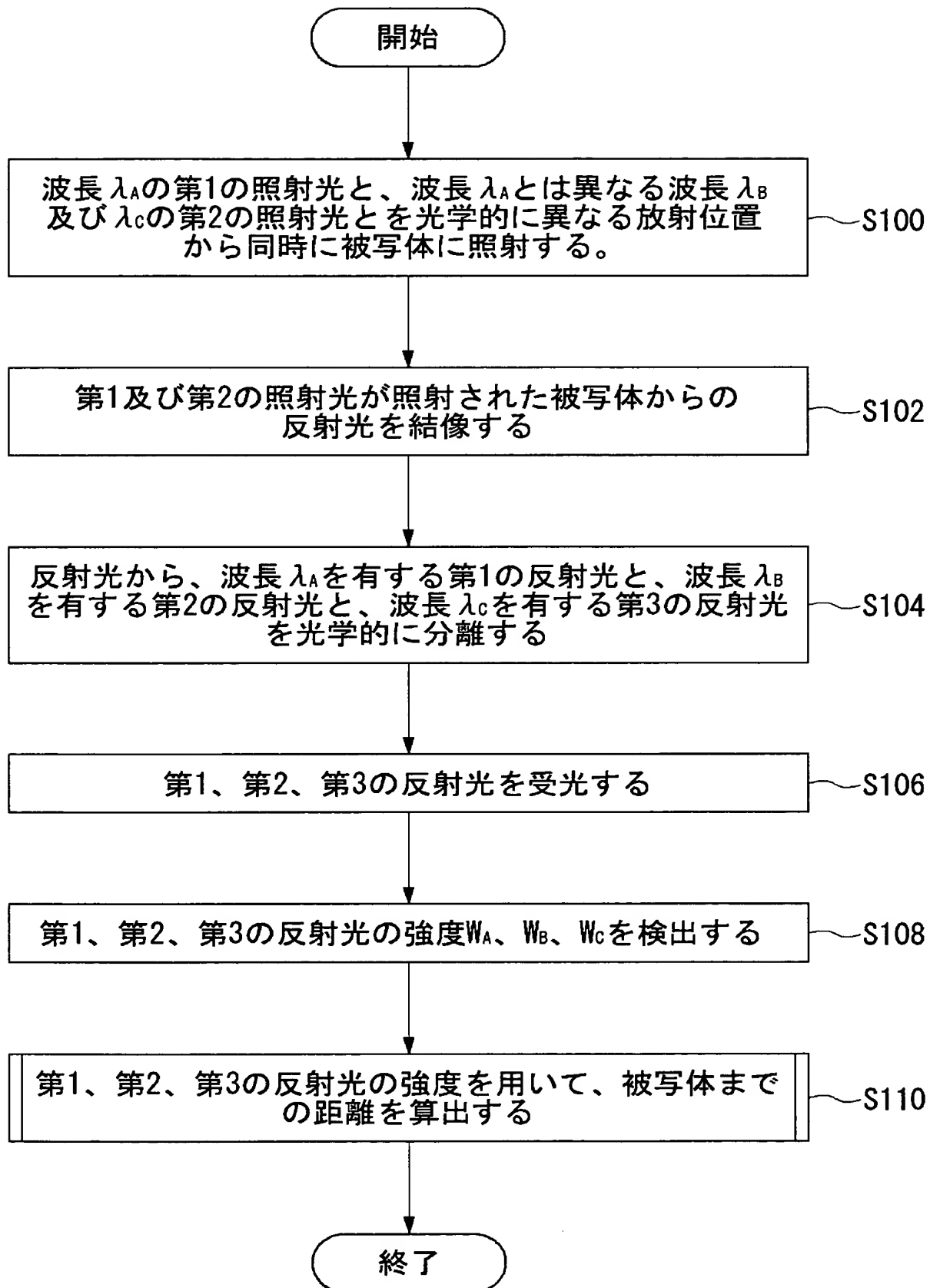
【図 1 0】



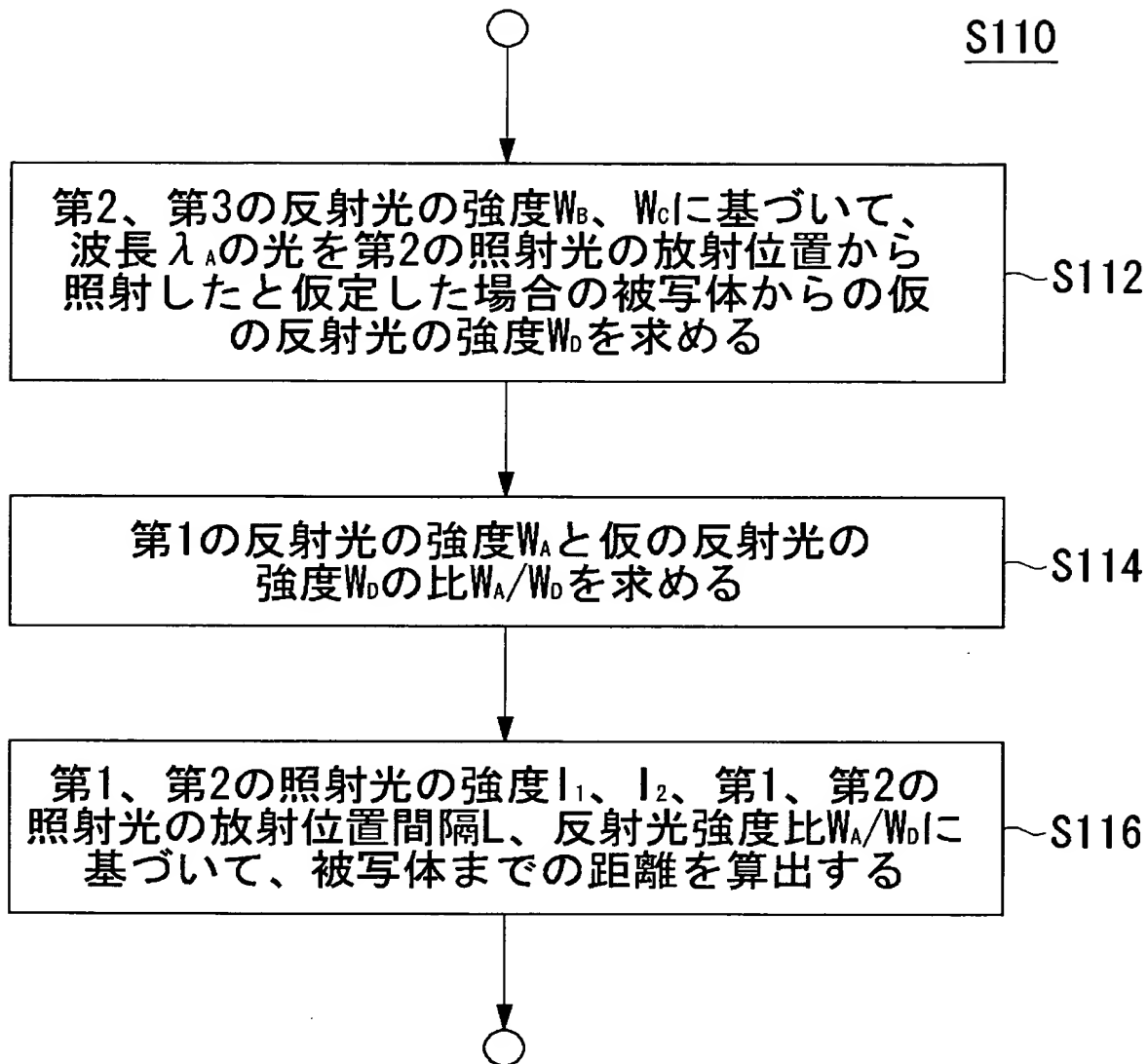
【図 1 1】



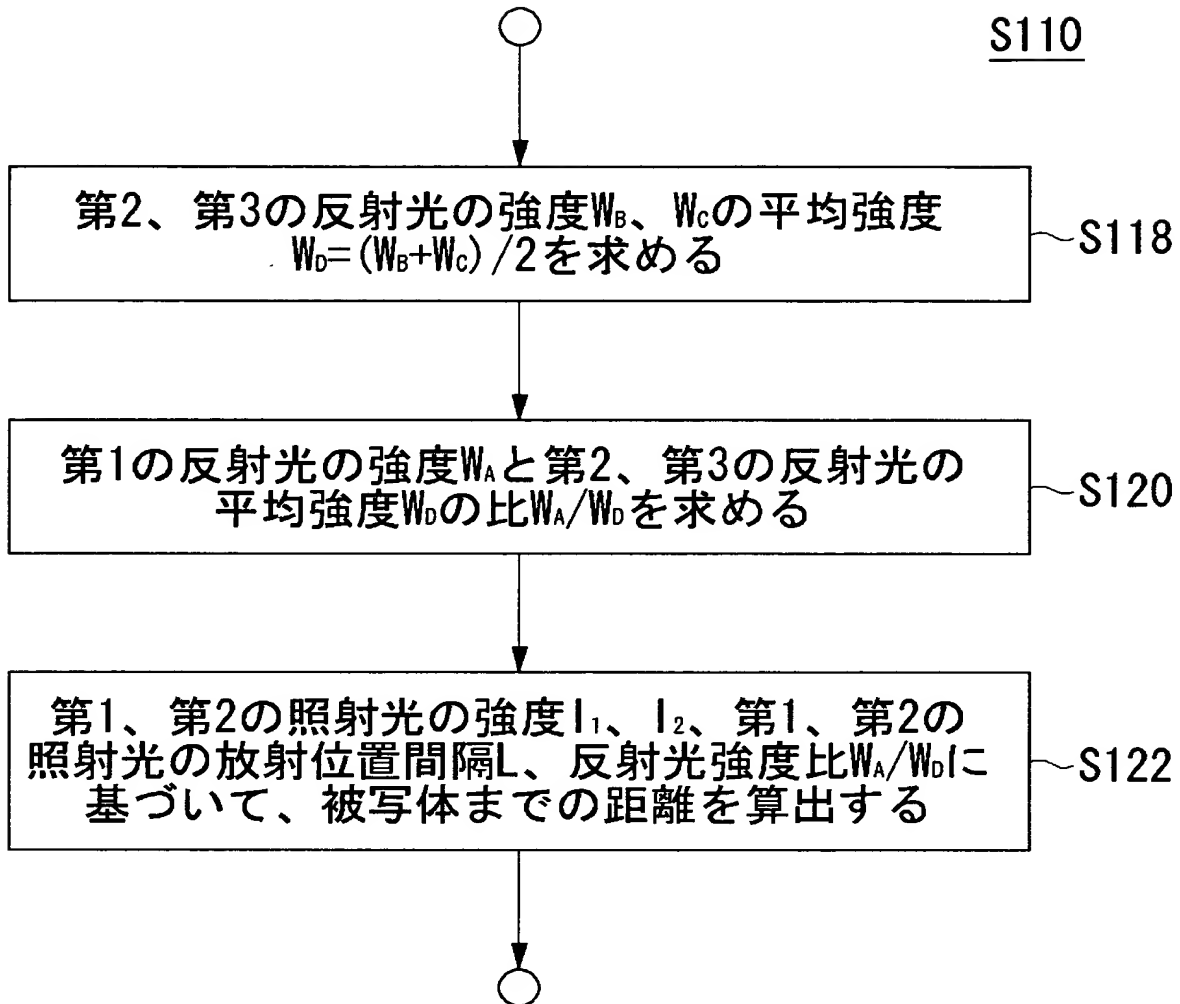
【図 12】



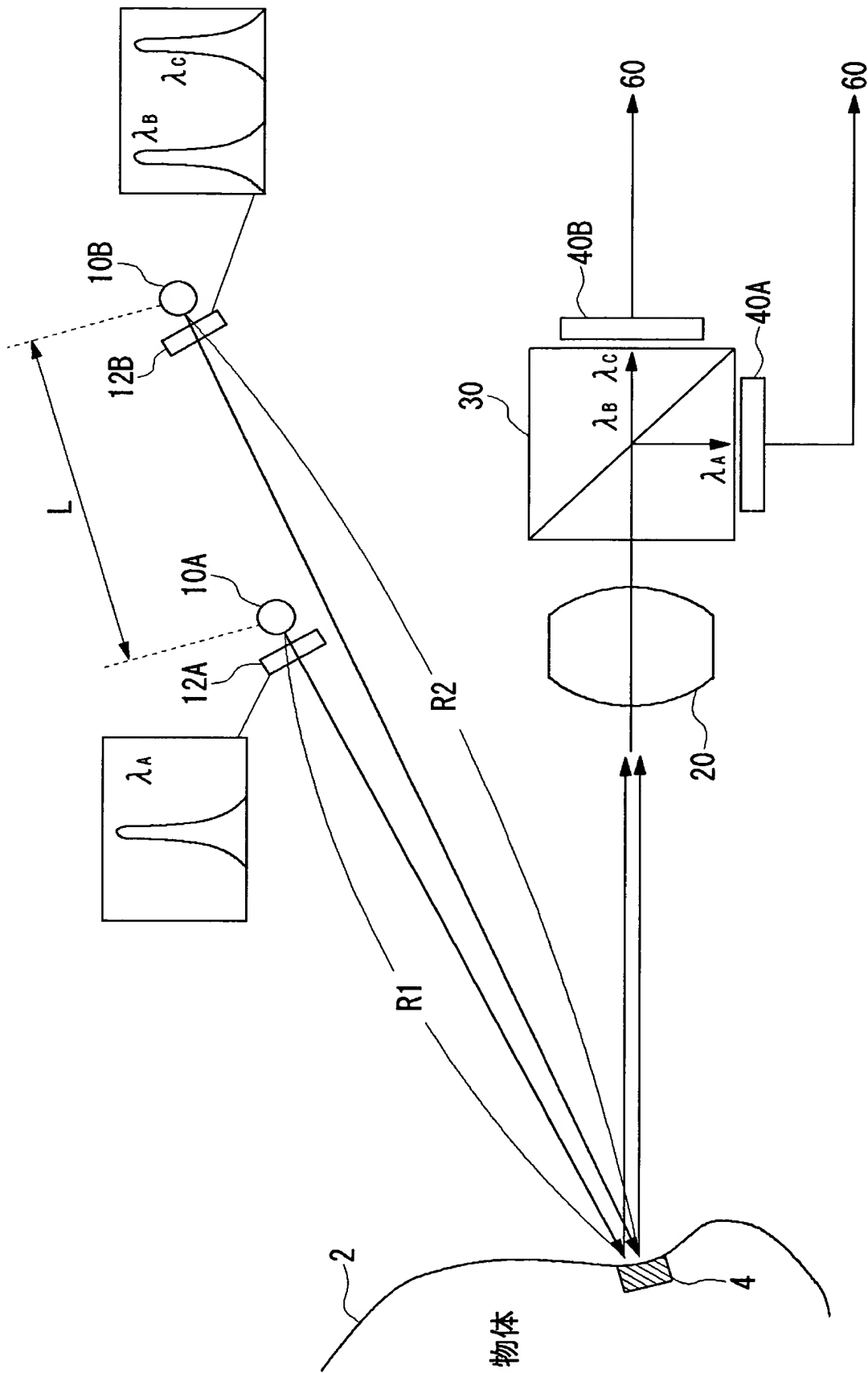
【図 13】



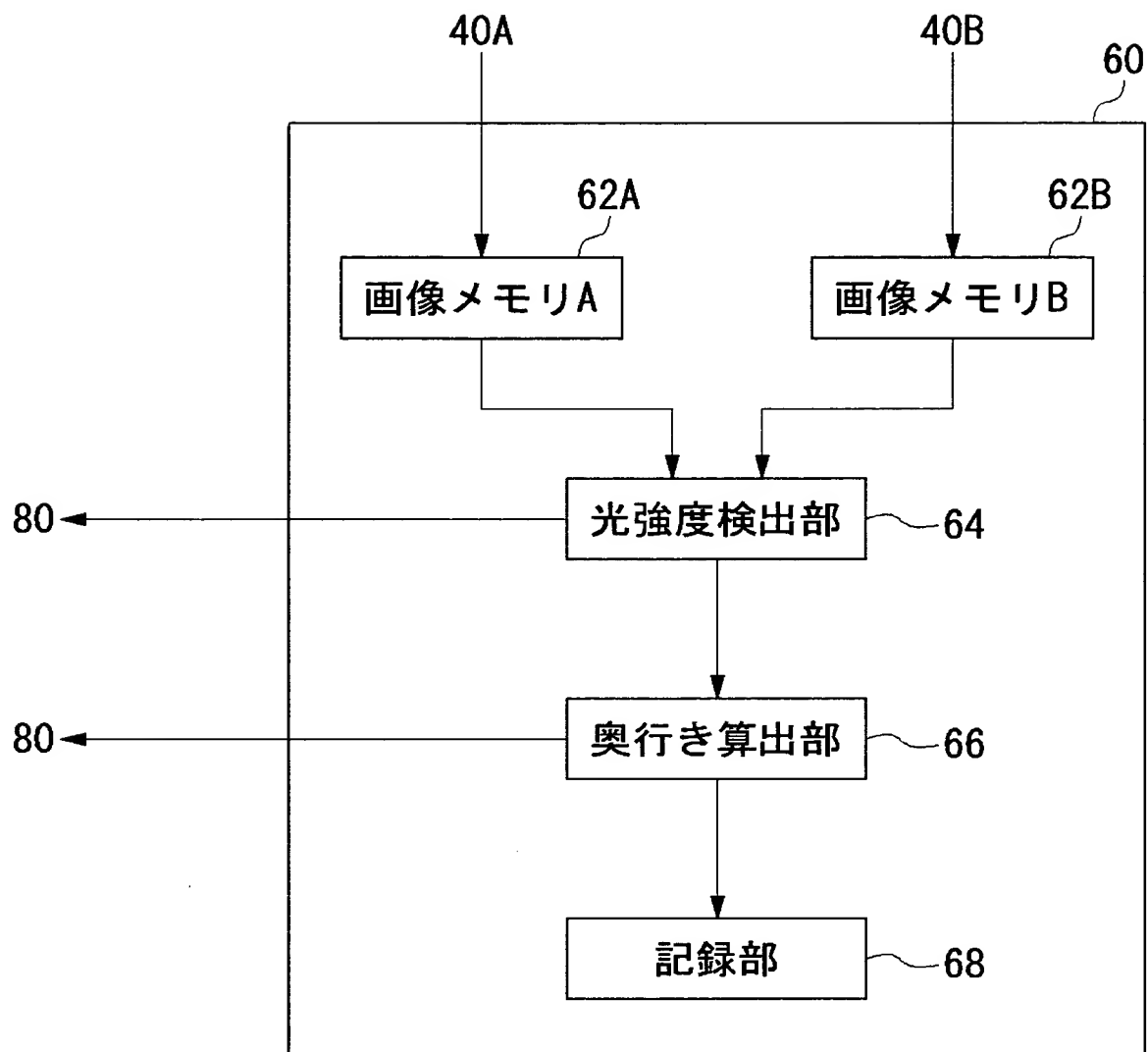
【図 14】



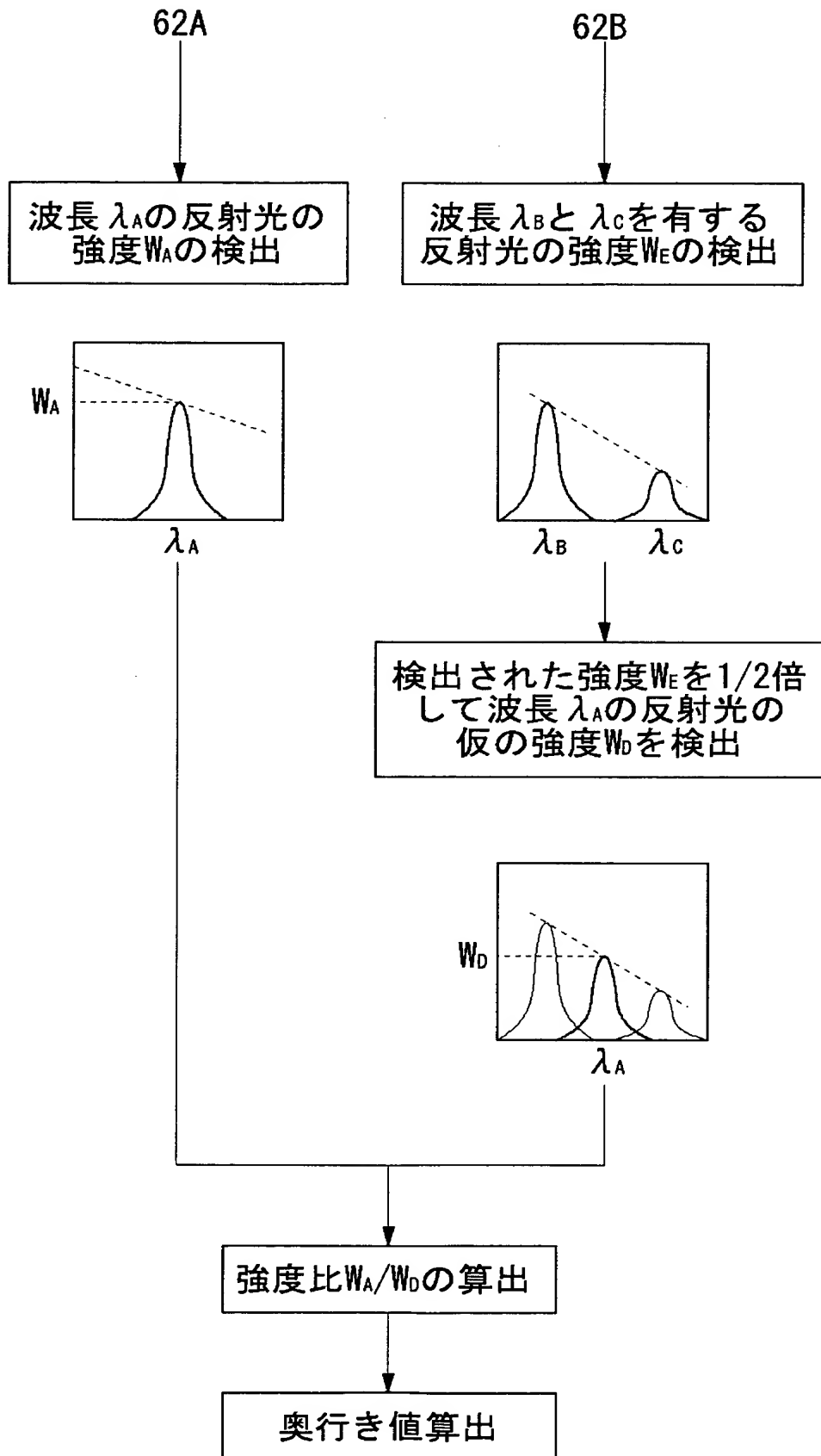
【図15】



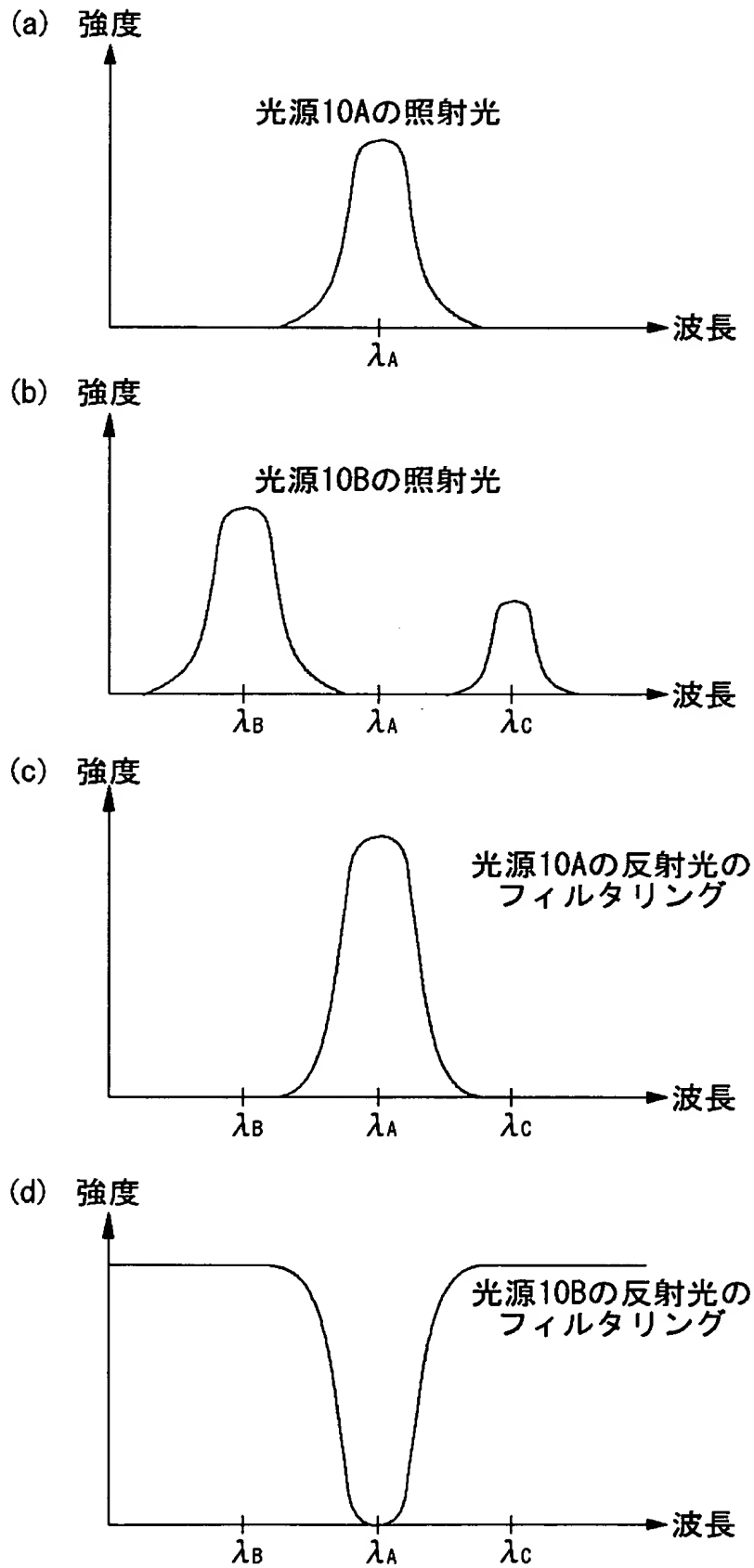
【図 16】



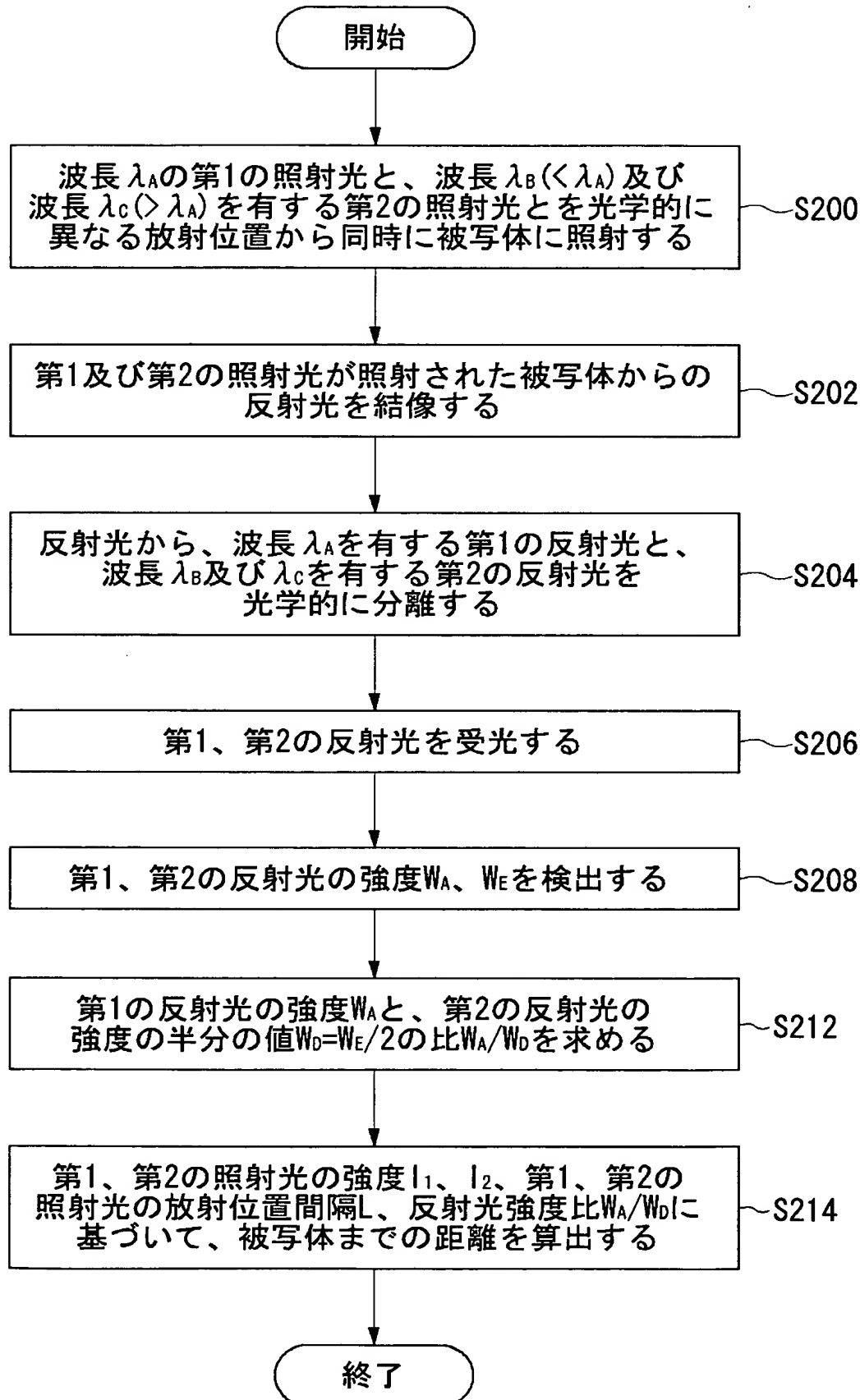
【図 1 7】



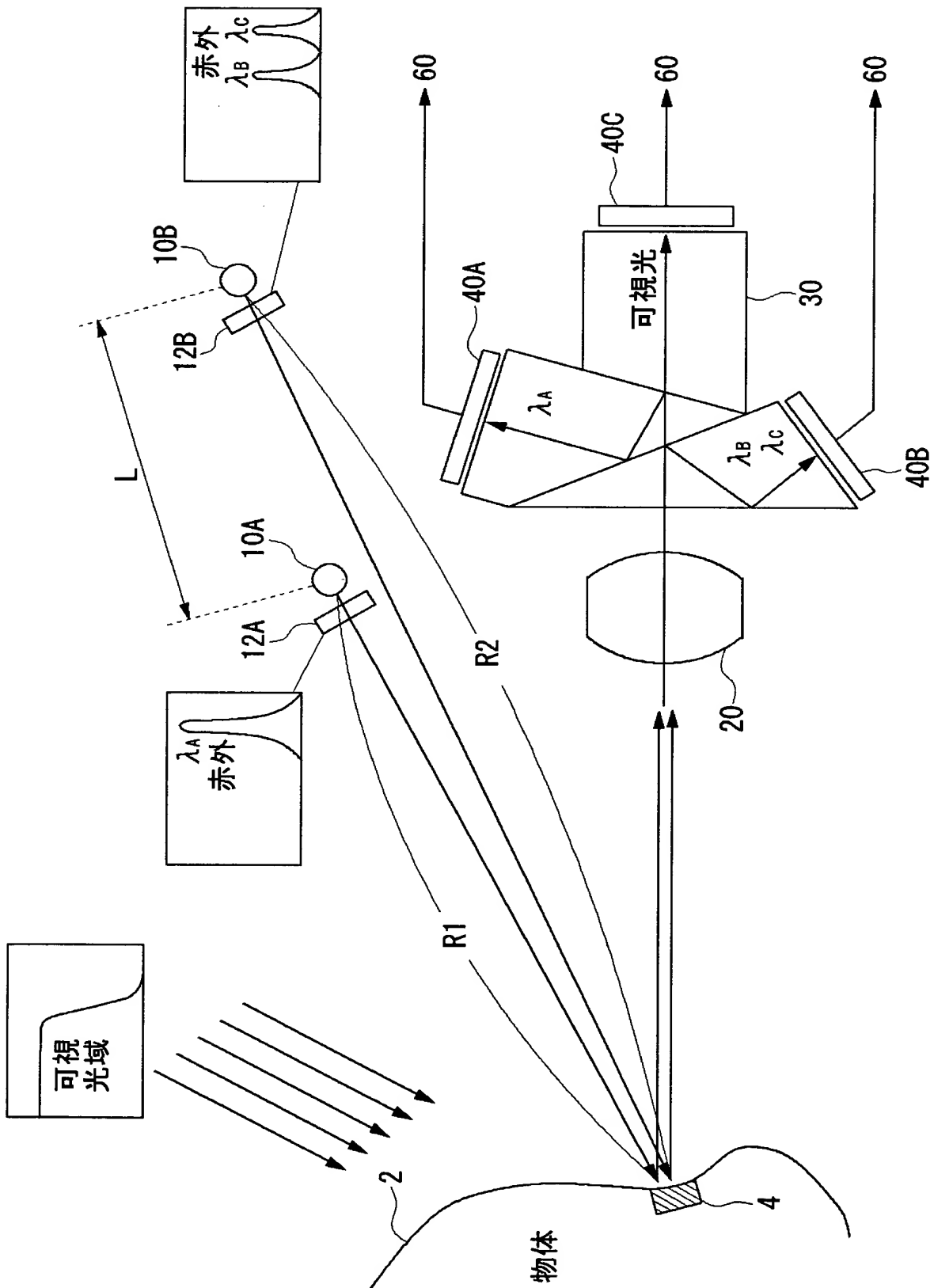
【図18】



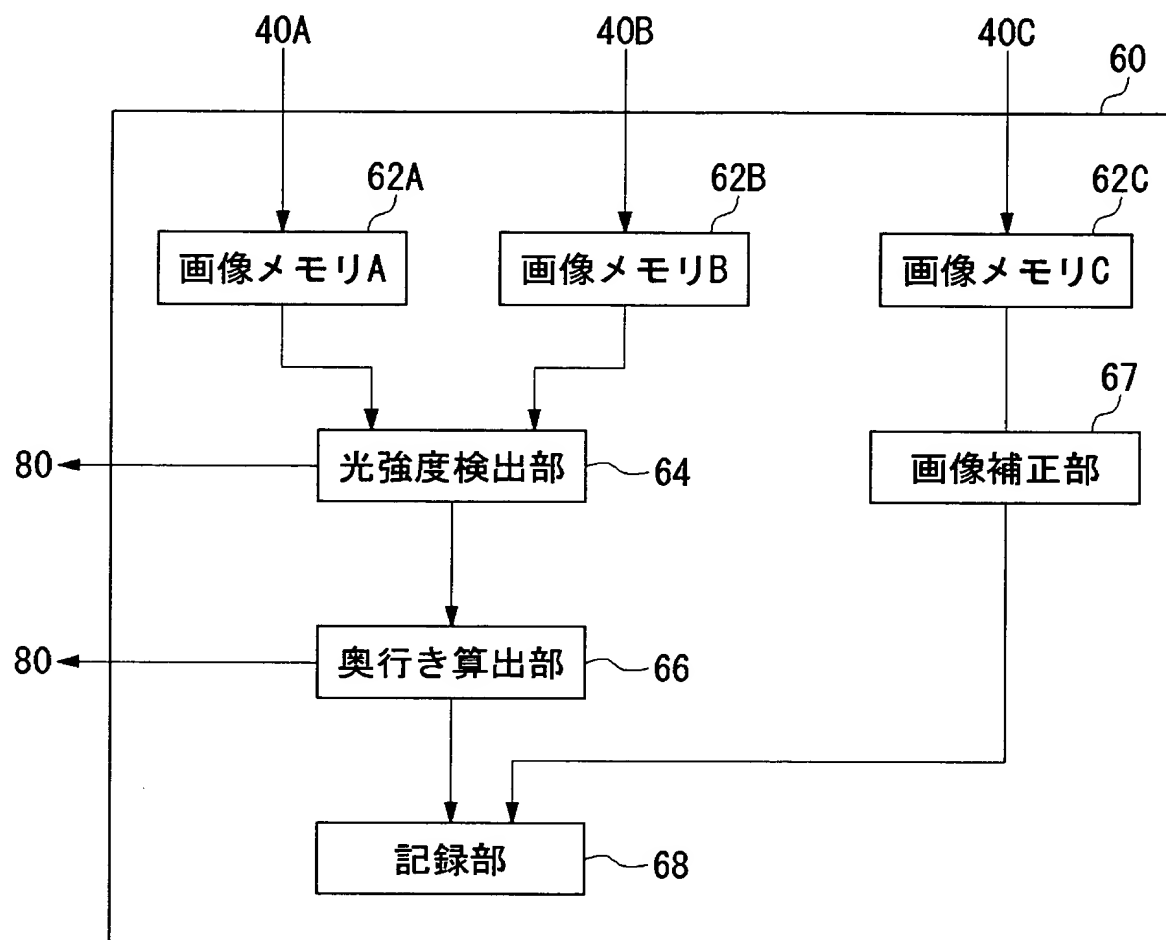
【図 19】



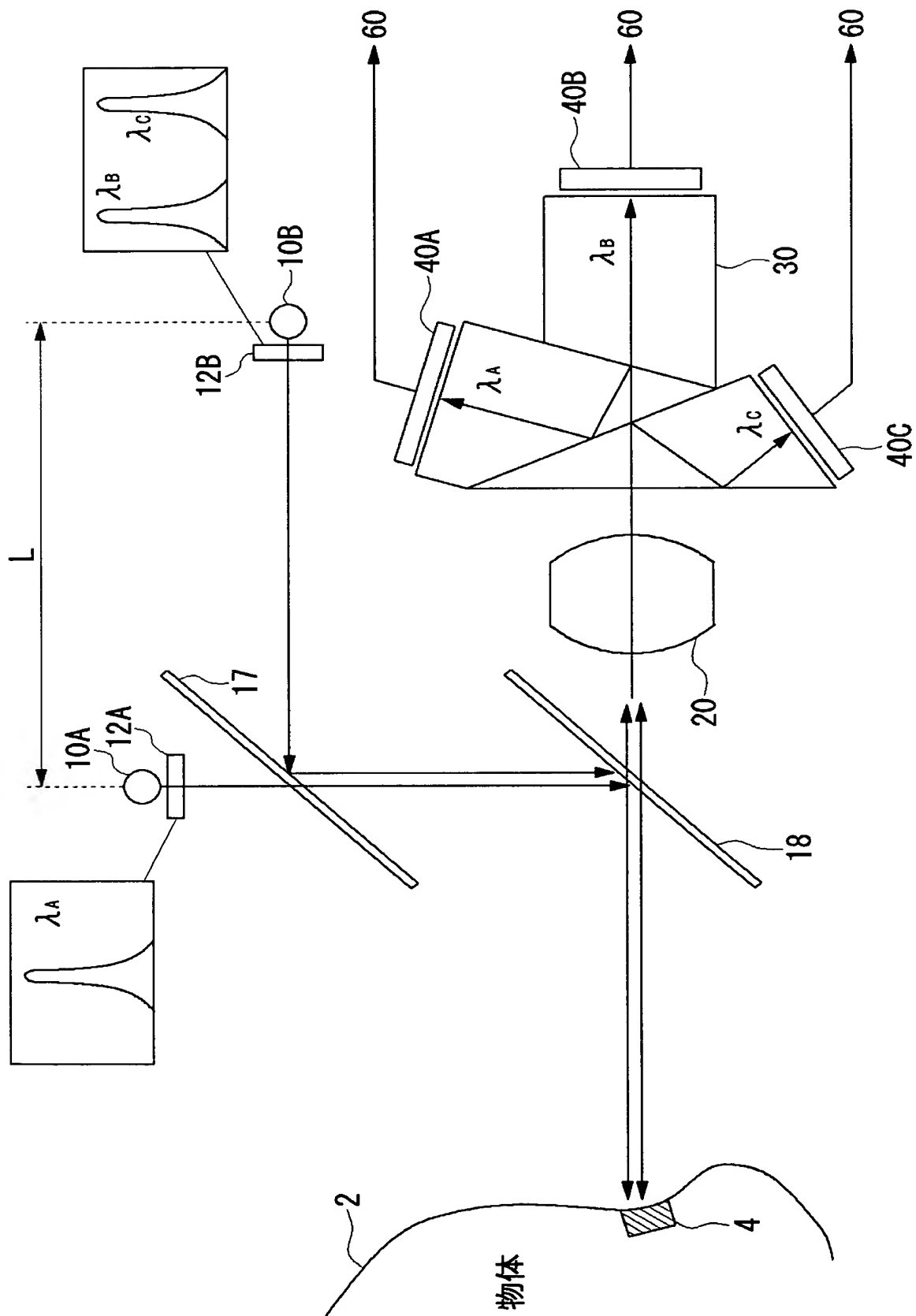
【図 20】



【図 2 1】



【図 2 2】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 光が照射された被写体から得られる出射光を撮影し、被写体の奥行き距離を簡便に測定することのできる画像撮像装置及び距離測定方法を提供する。

【解決手段】 第 1 の波長を有する第 1 の照射光と、第 1 の波長とは異なる第 2 及び第 3 の波長を有する第 2 の照射光とを、光学的に異なる放射位置から被写体に照射する照射部 1 0 0 と、照射部により第 1 及び第 2 の照射光が照射された被写体から得られる出射光から、第 1 の波長を有する第 1 の出射光と、第 2 の波長を有する第 2 の出射光と、第 3 の波長を有する第 3 の出射光とを光学的に分離する分光部 3 0 と、分光部 3 0 によって分離された第 1、第 2 及び第 3 の出射光を撮像する撮像部 2 0、4 0 と、撮像された第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を検出する光強度検出部 6 4 と、第 1、第 2 及び第 3 の出射光の強度を用いて、被写体までの奥行き距離を算出する奥行き算出部 6 6 とを備えた。

【選択図】 図 3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005201]

1. 変更年月日 1990年 8月14日

[変更理由] 新規登録

住 所 神奈川県南足柄市中沼210番地

氏 名 富士写真フイルム株式会社